



AÑO LXXXIV

MADRID - NOVIEMBRE DE 1929

NUM. XI

ESTUDIO DEL CIRCUITO DE VIA

(Continuación.)

VI

Cálculo de un circuito de vía de corriente alterna.

En la aplicación y empleo de un relé de corriente alterna a un circuito de vía, se presenta, como en el caso de corriente continua, el problema de que conocidas las constantes del relé que ha de ser aplicado en un extremo del circuito de vía, y sabidas las características de ésta, o sea la longitud del circuito, resistencia de la vía y conductancia del balasto, calcular el voltaje e intensidad de la corriente que ha de ser aplicada al otro extremo del circuito de vía, y el valor de la resistencia o de la impedancia que ha de ser empleada en la regulación del mismo.

Considérese el caso referente a un relé de doble elemento en el que se conocen, por lo tanto, E_L , I_L , $\cos. \varphi'$, en el elemento local y e_r , i , $\cos. \varphi$, en el elemento de vía. Agregando a e_r la caída de tensión que se produzca en los hilos de enlace del relé con la vía, por causa del paso de la corriente i , se obtiene el voltaje e que debe ser aplicado en el extremo del circuito lado relé.

Los valores de e é i en este extremo del circuito deben experimentar a lo largo de la vía los aumentos impuestos por las caídas del voltaje y filtraciones de corriente en el balasto, como se diseñaron en la figura 13, teniendo en cuenta, al adicionarlos, la dirección de los vectores que los representan, según el valor del factor de potencia o coseno φ afecto a cada uno.

Al igual que en el caso de corriente continua, pueden seguirse dos métodos para este cálculo, según se considere la filtración de corriente a través del balasto concentrado en el centro del circuito de vía o repartida progresivamente a todo lo largo del mismo.

Primer método.—Filtración concentrada en el medio del circuito (figura 12).—Se conocen:

[e] voltaje de la corriente alterna en el extremo del circuito lado relé.

[i] intensidad de la corriente alterna id., id., id.

[Z] impedancia total de los carriles.

[G] conductancia óhmica total del balasto:

Los valores del voltaje e intensidad [E] e [I] que se obtienen en el extremo del circuito, lado transformador, son:

$$[E] = [e] + [Zi] + \left[\frac{G e Z}{2} \right] + \left[\frac{G Z^2 i}{4} \right] \quad [5]$$

$$[I] = [i] + [G e] + \left[\frac{G Z i}{2} \right] \quad [6]$$

Los términos de estas sumas debe componerse vectorialmente para obtener los valores de E e I .

Estas fórmulas proporcionan un valor sólo aproximado y pueden ser empleadas en circuitos de vía de poca longitud.

Segundo método.—Filtración progresiva a lo largo del circuito.—Con la aplicación de las fórmulas de Lewis, expuestas en el caso de corriente continua, se halla:

$$[E] = [e] + [Zi] + \left[\frac{Z}{2} G e \right] + \left[\frac{Z G}{3 \cdot 2} Z i \right] + \\ + \left[\frac{Z \cdot G \cdot Z}{4 \cdot 3 \cdot 2} G e \right] + \dots \quad [7]$$

$$\begin{aligned}
 [I] = [i] + [G e] + \left[\frac{G}{2} Z i \right] + \left[\frac{G Z}{3 \cdot 2} G e \right] + \\
 + \left[\frac{G \cdot Z \cdot G}{4 \cdot 3 \cdot 2} Z i \right] + \dots
 \end{aligned}
 \quad [8]$$

Los sumandos de estas fórmulas deben componerse vectorialmente.

La interpretación de las mismas es idéntica a la expuesta para el caso de corriente continua.

Aplicación al cálculo de un circuito de vía de corriente alterna, en el caso de tracción por vapor.

Características del circuito de vía (fig. 16).—Longitud del circuito: 1.660 metros. Carril de 35 kilogramos por metro; longitud de cupones,

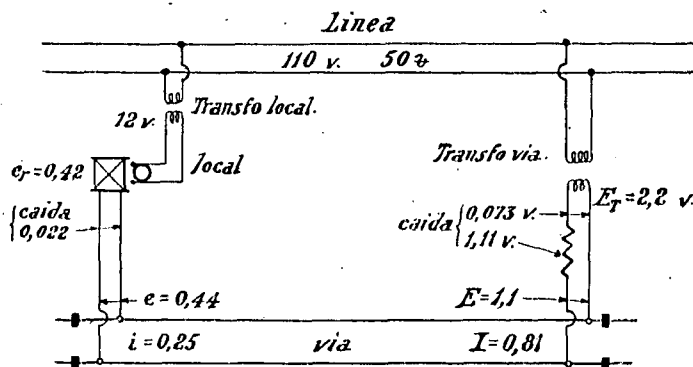


Fig. 16.—Cálculo de un circuito de vía de corriente alterna en línea no electrificada. Esquema general y voltajes e intensidades resultantes.

8 metros. Conexiones entre carriles: un alambre de cobre y otro de hierro, ambos de 4 milímetros de diámetro.

Balasto. Piedra partida húmeda.

Frecuencia de la corriente alterna de alimentación: 50 períodos por segundo.

La tabla tercera da: $Z = 0,94 \Omega$ por kilómetro, o sea $Z = 0,94 \times 1,660 = 1,56 \Omega$. —. $\cos. \varphi = 0,76$ ($\varphi = 40^\circ$).

La tabla cuarta da: $G = 0,5 \times 1,660 = 0,83$ mhos.

Datos del relé de que se dispone : Relé de doble elemento.

Elemento de vía: 0,42 voltios; 0,25 amperios; $\cos. \varphi = 0,75$ ($\varphi = 41^\circ$).

Elemento local: 12 voltios; 0,3 amperios; $\cos. \varphi' = 0,17$ ($\varphi' = 80^\circ$).

El relé se supone enlazado a la vía por dos hilos de cobre de 2 milímetros de diámetro y de 9 metros de longitud, con resistencia óhmica para ambos de $0,09 \Omega$.

Cálculo gráfico del circuito.—En la figura 17 se han trazado en esala : $e_r = 0,42$ y $i = 0,25$ formando un ángulo $\varphi = 41^\circ$ ($\cos \varphi = 0,75$), datos correspondientes al elemento de vía del relé.

Por el extremo de e_r se dibuja una paralela a i y se toma sobre ella el valor : $0,09 \Omega \times 0,25$ amperios = 0,022 voltios, que representa la caída de voltaje producida en los hilos de enlace del relé, por el paso de corriente i . El vector obtenido $e = 0,44$ voltios representa el voltaje que ha de ser aplicado a los carriles en el extremo del circuito lado relé.

Para aplicar las fórmulas [7] y [8], se calculan según los datos expuestos:

$$Z i = e' = 0,39. \quad G e = i' = 0,37$$

$$\frac{Z}{2} G e = e'' = 0,285 \quad \frac{G}{2} Z i = i'' = 0,16$$

$$\frac{Z}{3} \frac{G}{2} Z i = e''' = 0,08 \quad \frac{G}{3} \frac{Z}{2} G e = i''' = 0,08$$

$$\frac{Z}{4} \frac{G}{3} \frac{Z}{2} G e = e'''' = 0,03 \quad \frac{G}{4} \frac{Z}{3} \frac{G}{2} Z i = i'''' = 0,017$$

y se obtiene:

$$[E] = [0,44] + [0,39] + [0,285] + [0,08] + [0,03].$$

$$[I] = [0,25] + [0,37] + [0,16] + [0,08] + [0,017].$$

La adición de estos términos ha de ser efectuada vectorialmente, y para este efecto ha de tenerse en cuenta que cada uno de los vectores de E debe formar un ángulo de 40° ($\cos. \varphi = 0,76$ en la vía) con el vector de I que origina, e inversamente. Los ángulos de defasaje se trazan en

el sentido de las agujas de un reloj si van de un vector de e a un vector de i , y en sentido contrario si van de i a e .

Con sujeción a estas reglas, en la figura 17 se han trazado: e' a 40° de i ; i' paralela a e ; e'' a 40° de i' ; i'' paralela a e' ; e''' a 40° de i'' ; i''' paralela a e'' ; e'''' a 40° de i''' ; i'''' paralela a e''' .

Se hallan, finalmente, E e I en el extremo del circuito de vía, lado transformador. Resulta $E = 1,1$ voltios; $I = 0,81$ amperios. El defasaje entre ambos vectores resulta aproximadamente de 22° .

Obtenidos los valores vectoriales de E y de I en este extremo del circuito (fig. 16), para encontrar el voltaje necesario en el secundario del

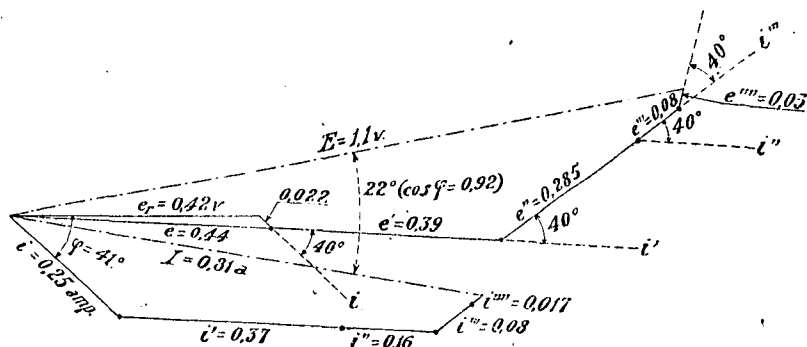


Fig. 17.—Diagrama del cálculo de un circuito de vía corriente alterna en línea no electrificada. Voltajes e intensidades en la vía.

transformador de vía, se suele partir de la hipótesis de que este voltaje sea el doble del que se necesita en la vía, siendo el exceso previsto consumido por las caídas de voltaje en los hilos de enlace del transformador a la vía y en la resistencia o impedancia de regulación.

En la figura 18 se han transportado los vectores E e I encontrados. Por la extremidad de E se traza una paralela a I , y sobre ella se toma la caída de tensión que produce I en los hilos de enlace ($0,81$ amperios $\times \times 0,09 \Omega = 0,073$ voltios).

Regulación con resistencia.—Si la regulación del circuito se trata de efectuar mediante resistencia óhmica, el encuentro de esta última línea prolongada, con el arco del círculo trazado desde el centro con radio igual a 2,2 voltios (doble de 1,1 voltios), fija la dirección del vector E_T que representa el voltaje del secundario del transformador de vía. Con este supuesto, se obtiene gráficamente para la caída en la resistencia reguladora

el valor 1,11 voltios, y como valor de ésta: $\frac{1,11}{0,81} = 1,4$ ohmios aproximadamente.

Resulta E_T defasado con respecto a I en un ángulo de 15° ($\cos. \varphi = 0,96$).

Fijada la posición de E_T con respecto a e_r e i (fig. 16), para encontrar el ángulo que forman en el relé las intensidades local y de vía, que es lo que en último término se busca, se procede del modo siguiente: El vol-

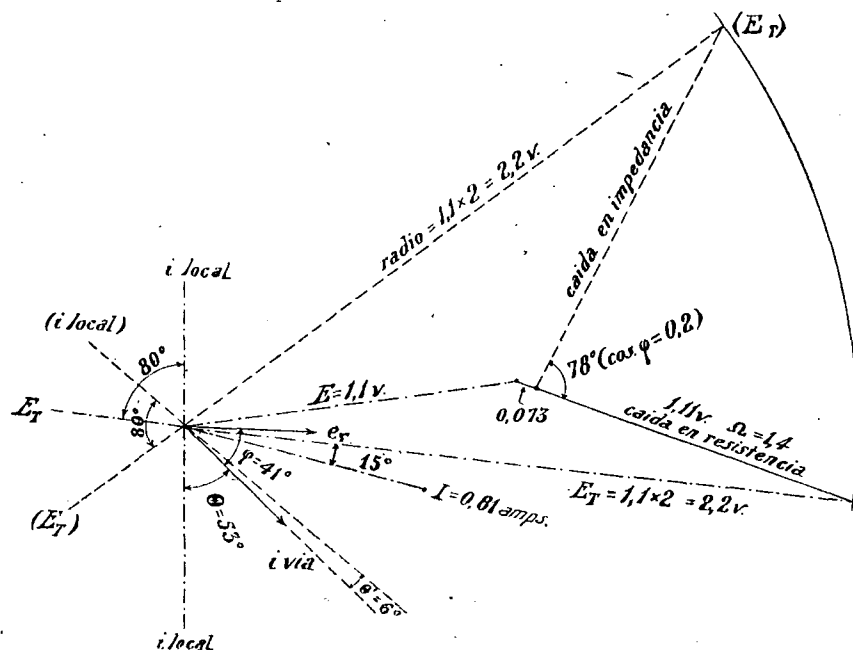


Fig. 18.—Diagrama para el cálculo del ángulo de intensidades local y de vía en el relé (línea no electrificada).

taje E_T en el secundario del transformador de vía forma un cierto ángulo, próximo a 180° , con el voltaje primario del mismo transformador, o sea con el voltaje de línea (ángulo interior del transformador de vía); a su vez el voltaje del elemento local, o sea el voltaje secundario de su transformador de alimentación, forma un determinado ángulo con el primario de este transformador, o sea con el voltaje de línea (ángulo interior del transformador local).

Si a ambos transformadores se los supone semejantes, es decir, con

idéntico ángulo interior, puede prescindirse de introducir este ángulo en el cálculo las dos veces antedichas en sentidos contrarios; y para los efectos de la dirección vectorial de los voltajes e intensidades, se trazará la dirección de la intensidad en el elemento local, dibujando el vector *i local* defasado 80° con respecto a E_T ($\cos. \varphi' = 0,17$ en el elemento local) (figura 18). Se obtiene de este modo la dirección de *i local* con respecto a *i vía*, que resulta con un ángulo $\Theta = 53^\circ$, aproximadamente, ángulo admisible para el funcionamiento del relé.

Como quiera que el par de rotación que produce el movimiento del rotor es proporcional a $I_L \times i \text{ sen. } \Theta$, y $\text{sen. } 53^\circ = 0,79$, se obtiene en este caso un par de rotación algo menor que el máximo, lo cual puede compensarse mediante un pequeño aumento de voltaje en el transformador de alimentación de la vía, como se expone en el ejemplo siguiente.

Regulación con impedancia.—Si se hubiera intentado regular el circuito de vía con impedancia (con $\cos. \varphi = 0,2$), en la figura 18 trazárase la dirección de este vector formando un ángulo de 78° con la dirección de la caída óhmica considerada antes, y el encuentro con el arco de círculo de radio igual a 2,2 voltios, daría la dirección del nuevo (E_T). Siguiendo el método explicado, se trazaría (*i local*) a 80° de este vector, y se encontraría un ángulo de intensidades en el relé $\Theta' = 6^\circ$, ángulo inadmisibles para el funcionamiento del mismo.

Consumo de energía (fig. 16).—Estando la vía desocupada, el consumo teórico de energía en el circuito de la misma es de: $E_T \cdot I \cdot \cos. \varphi = 2,2 \times 0,81 \times 0,96 = 1,72$ vatios.

Cuando la vía está ocupada, sólo quedan en circuito la resistencia de regulación y los hilos de enlace a la vía, con resistencia total de $1,4 + 0,09 = 1,49 \Omega$. La intensidad de corriente que por ellos circula es de $\frac{2,2}{1,49} = 1,4$ amperios, aproximadamente, que se halla en fase con el vol-

taje de caída que produce. El consumo de energía es, por lo tanto, $2,2 \times 1,4 = 3,08$ vatios, que es 1,8 veces mayor que el consumo con vía libre.

Si se supone que los trenes permanecen sobre el circuito tres horas al día en total, el consumo teórico al día es de: $(3 \times 3,08) + (21 \times 1,72) = 45,3$ vatios hora, aproximadamente.

El consumo teórico en el elemento local del relé es $12 \text{ voltios} \times 0,3 \text{ amperios} \times 0,17 = 0,061$ vatios, que en una jornada se convierte en 1,46 vatios-hora.

El consumo total teórico en ambos circuitos al día queda evaluado en 47 vatios hora, por exceso. El consumo real suele ser mayor del apuntado a causa de las pérdidas diversas que se suelen producir en los circuitos.

Aplicación al cálculo de un circuito de vía en el caso de tracción eléctrica por corriente continua (fig. 19).

En este caso es necesario introducir en los cálculos la influencia que tiene en el circuito el empleo de las conexiones inductivas intercaladas entre los carriles en los extremos del cantón.

Características del circuito de vía.—Longitud de circuito: 2.450 metros. Carril de 35 kilogramos por metro; largo de cupones: 10 metros.

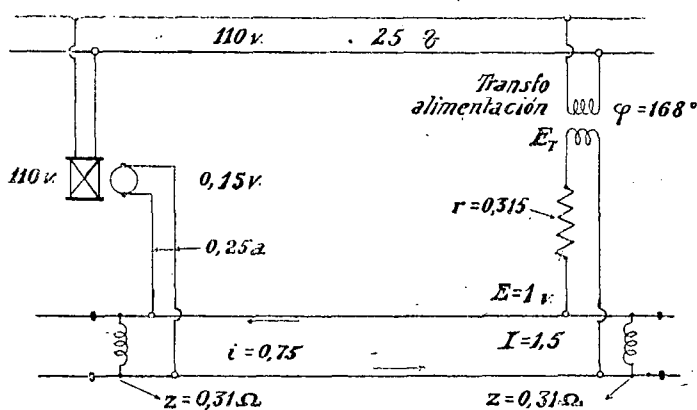


Fig. 19.—Cálculo de un circuito de vía de corriente alterna en línea electrificada. Esquema general y voltajes e intensidades resultantes.

Conexiones entre carriles: los cables de cobre utilizados en el retorno de la corriente de tracción.

Balasto: mezcla de grava y piedra partida, que se considerarán húmedas.

Frecuencia de la corriente alterna de alimentación: 25 períodos.

La tabla tercera da: $Z = 0,36' \times 2,450 = 0,88$ ohmios.

Factor de potencia: $\cos. \varphi = 0,52$ ($\varphi = 59^\circ$).

La tabla cuarta da: $G = 0,8 \times 2,450 = 2$ mhos, aproximadamente.

Datos del relé de que se dispone.—Relé de doble elemento.

Elemento de vía: 0,15 voltios; 0,25 amperios; $\cos. \varphi = 0,65$ ($\varphi = 49^\circ$).

Elemento local: 110 voltios; 0,2 amperios; $\cos. \varphi' = 0,40$ ($\varphi' = 66^\circ$).

El enlace del relé a la vía, con dos hilos de cobre de 2 milímetros de diámetro y 8 metros de longitud, con resistencia de 0,08 Ω.

Datos de las conexiones inductivas.—Impedancia de la conexión inductiva, 0,31 Ω ; factor de potencia: $\cos. \varphi = 0.15$ ($\varphi = 81^\circ$).

Datos del transformador de alimentación de vía.—El único dato que se considera necesario en este cálculo es el del ángulo interno, de los voltajes primario y secundario en el mismo, igual a 168° (1).

Cálculo gráfico del circuito.—En la figura 20 se han trazado en escala $e_r = 0,15$ y $i = 0,25$, formando un ángulo $\varphi = 49^\circ$; a continuación del primer vector y paralelo al segundo, la caída de voltaje en los cables de

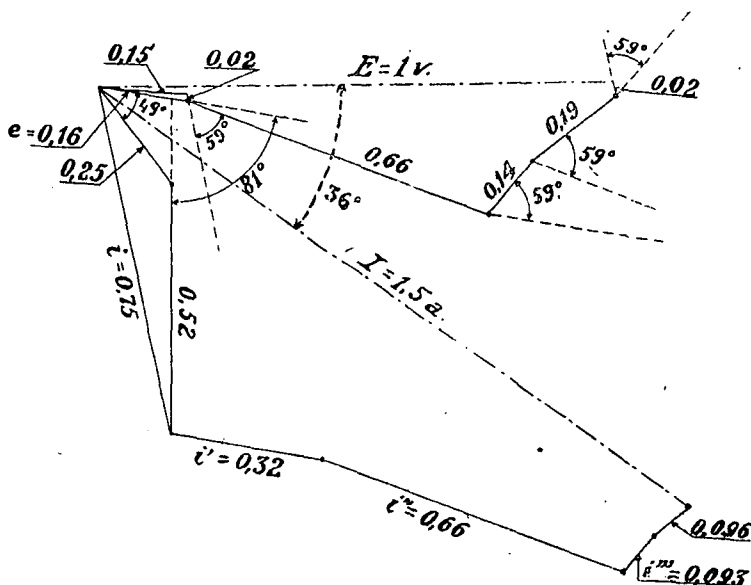


Fig. 20.—Diagrama del cálculo de un circuito de vía de corriente alterna en línea electrificada. Voltajes e intensidades en la vía.

enlace, igual a $0,08 \times 0,25 = 0,02$ voltios, obteniéndose el valor de $e = 0,16$ voltios.

La corriente derivada en la conexión inductiva es de: $\frac{0,16}{0,31} = 0,52$ amperios, vector que se traza por el extremo de i formando el ángulo de 81° con la dirección de e ; se obtiene la intensidad total en este extremo con valor de 0,75 amperios y la dirección del gráfico.

(1) Véase el capítulo VII.

Según los datos expuestos, se obtiene, para aplicar las fórmulas [7 y 8]:

$$Z i = e' = 0,66 \quad G e = i' = 0,32$$

$$e'' = 0,14; i'' = 0,66; e''' = 0,193; i''' = 0,093; e'''' = 0,020; i'''' = 0,096.$$

Efectuada gráficamente la adición de estos términos, como en el anterior ejemplo, se llega a: $E = 1$ voltio; $I = 1,5$ amperios, en el extremo de la vía lado transformador, con $\varphi = 36^\circ$.

La corriente en la conexión inductiva de este extremo (fig. 21) tiene el valor de $\frac{1}{0,31} = 3,23$ amperios y la dirección que forma ángulo de 81° con la de E . Se obtiene la intensidad total en este extremo $I_T = 4,45$ amperios y en la dirección del gráfico.

Por la extremidad de E trácese una paralela a I_T y sobre ella se toma la caída de voltaje en los hilos de enlace de la vía con el transformador, igual a $0,08 \times 4,45 = 0,36$ voltios.

Regulación con resistencia.—Si la regulación del circuito se tantea con resistencia óhmica, la prolongación de la línea de la caída óhmica intersecta al arco de círculo trazado con radio $2 = 2 \times 1$ voltio, en un punto que marca la dirección de $E_T = 2$ voltios, con defasaje de 28° con I_T ($\cos. \varphi = 0,88$). Se obtiene gráficamente para la caída óhmica en la resistencia, 1,4 voltios; y como valor de la misma: $\frac{1,4}{4,45} = 0,315 \Omega$.

Para tener en cuenta el ángulo interno que forman los voltajes en el transformador de alimentación, se toma este ángulo de 168° a partir de E_T y en sentido contrario a las agujas de un reloj, o bien su suplemento 12° sobre su prolongación y en sentido de rotación inverso, con lo que se logra trazar la dirección vectorial del voltaje de alimentación; tomando a partir de ella el ángulo $\varphi' = 66^\circ$ del elemento local, se fija la dirección del vector i local en el relé. Resulta defasado $\Theta = 60^\circ$ con el vector i vía del mismo relé.

El par de rotación en el relé, que es proporcional a $I_L \cdot I_V \cdot \text{sen. } \Theta$, queda reducido, por el hecho de no ser $\Theta = 90^\circ$, en la relación de $\frac{\text{sen. } 60^\circ}{\text{sen. } 90^\circ} = 0,86$, y por consiguiente, para compensar esta falta de cuadratura en que se hallan las intensidades local y de vía, se debe aumentar el voltaje del transformador de vía en la proporción $\frac{1}{0,86} = 1,20$ aproximadamente, con lo cual este voltaje quedará en: $E_T = 2 \times 1,20 =$

= 2,40 voltios; la intensidad de corriente total se convierte en: $I_T = 4,45 \times 1,20 = 5,34$ amperios; la caída de voltaje de los hilos de enlace será de: $0,36 \times 1,20 = 0,43$ voltios y la caída en la resistencia de regu-

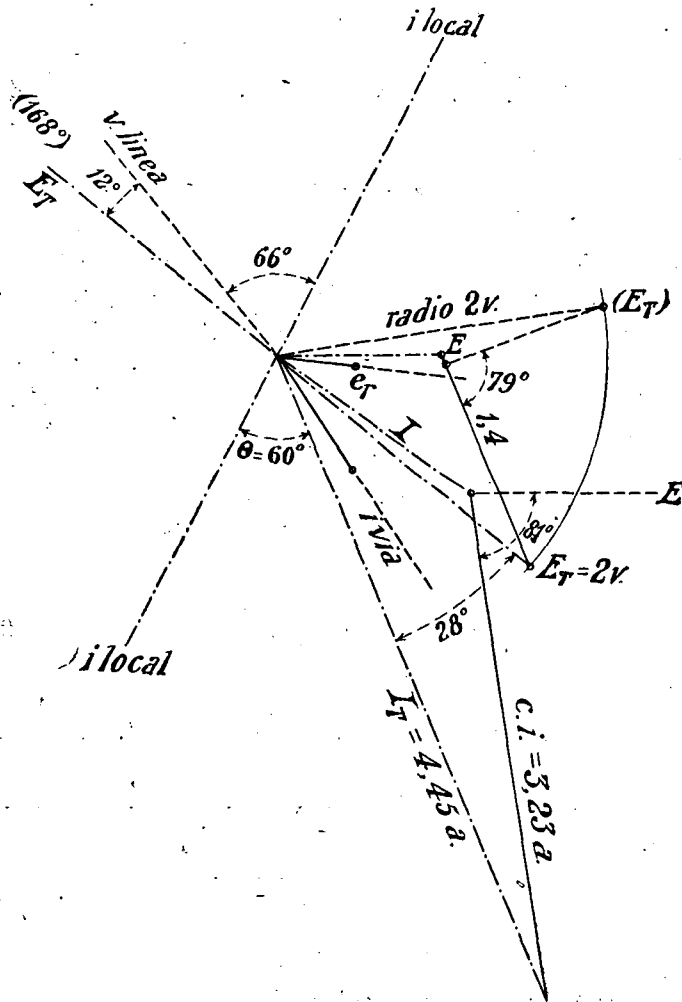


Fig. 21.—Diagrama para el cálculo de intensidades local y de vía en el relé (línea electrificada).

lación es de: $1,4 \times 1,2 = 1,68$ voltios; el valor de estas resistencias sigue siendo de $0,08 \Omega$ y de $0,315 \Omega$, respectivamente, igual que el considerado.

Consumo del circuito.—En estas condiciones, con vía libre, el consumo del circuito de vía será:

$$E_T \cdot I_T \cdot \cos. \varphi = 2,4 \times 5,34 \times (\cos. 28^\circ = 0,88) = 11,28 \text{ vatios.}$$

Con la vía ocupada, el régimen de cortocircuito en la resistencia no inductiva e hilos de enlace es de: $\frac{2,4}{0,08 + 0,315} = 6,1$ amperios, y el consumo de energía: $2,4 \times 6,1 = 14,64$ vatios (factor de potencia = 1).

Si se supone una ocupación diaria de vía de tres horas, se llega a obtener un consumo en los circuitos de vía y local del relé, durante la jornada, de 283 vatios-hora aproximados.

Regulación con impedancia.—Si se hubiera intentado la regulación del circuito de vía con impedancia, en la figura 21 hubiérase trazado la presunta caída de voltaje en la impedancia formando un ángulo de 79° ($\varphi = 0,2$ en la impedancia) con la dirección del I_T hallado, con lo cual se hubiera encontrado un nuevo vector (E_T), y aplicándole a éste el mismo proceso anterior, se vería que el ángulo resultante para las direcciones de i local e i vía en este caso es casi nulo, lo cual aconseja proscribir en este ejemplo el empleo de impedancia reguladora en el circuito de vía.

Resumen de la regulación del circuito.—Háse visto anteriormente la necesidad de tener en cuenta un aumento en el voltaje de alimentación, para compensar la falta de cuadratura con que resulta la intensidad del elemento local con respecto a la intensidad del elemento de vía en el relé.

Este aumento, en el actual ejemplo, se traduce en el coeficiente $\frac{\text{sen. } 90^\circ}{\text{sen. } 60^\circ} = 1,20$.

Con arreglo a ello, se resumen en el cuadro siguiente las variaciones que resultan en las restantes cifras:

Ángulos de intensidades en el relé.	90°.	60°.	
Voltaje secundario del transformador de alimentación de vía.....	2,00 v.	2,40 v.	
Caída de voltaje en resistencia reguladora y cables.....	1,76 v.	2,11 v.	
Voltaje vía lado del transformador.....	1,00 v.	1,20 v.	
Voltaje vía lado del relé.....	0,16 v.	0,19 v.	
Voltaje elemento de vía relé.....	0,15 v.	0,18 v.	(Observación 1.ª)
Resistencia de regulación.....	0,315	0,315	
Intensidad total (vía libre).....	4,45 a.	5,34 a.	
Intensidad de cortocircuito.....	5,08 a.	6,1 a.	
Consumo en circuito de vía (vía libre).....	7,83 W.	11,28 W.	(ccs. $\varphi = 0,88$).
Consumo en circuito de vía (vía ocupada).....	10,19 W.	14,61 W.	(cos. $\varphi = 1,00$).
Relación de intensidad en corto a intensidad en vía libre	1,14	1,14	(Observación 2.ª)

OBSERVACIONES DEL CUADRO ANTERIOR

1.^a Aunque el relé se halle dispuesto para serle aplicado 0,15 voltios en el elemento de vía, el voltaje que realmente hay que aplicarle en este caso es de 0,18 voltios como mínimo, aunque se lo puede rebasar sin excederlo demasiado.

2.^a Esta relación suele estar comprendida entre 1,1 (circuitos de vía cortos y estables) y 1,8 (circuitos largo e inestables).

Los valores que resultan obtenidos en la columna segunda son los que realmente han de servir de norma para efectuar la regulación del circuito de vía.

(Continuad.)

JOSÉ MARIA DE PAÚL.

ANÁLISIS DE LA CORRIENTE ALTERNA A LO LARGO DE LAS LINEAS

En otro artículo publicado en esta Revista traté de las ecuaciones que expresan las leyes porque se rige la corriente alterna en circuitos que poseen resistencia, autoinducción, capacidad y pérdidas; son estas ecuaciones:

$$\begin{aligned} |V| &= |V_2| \operatorname{Ch} |n| x + |I_2 m| \operatorname{Sh} |n| x \\ |I| &= |I_2| \operatorname{Ch} |n| x + \frac{|V_2|}{|m|} \operatorname{Sh} |n| x \end{aligned} \quad [1].$$

En ellas $|V_2|$ es la tensión a la llegada o fin de línea, $|I_2|$ la intensidad en el mismo punto, $|V|$ e $|I|$ las mismas variables a la distancia x del punto de llegada; $|m|$ representa la impedancia característica, cuyo valor es $|m| = m \sqrt{\frac{r + j \omega l}{g + j \omega c}}$ (r , l , g y c son las constantes primarias de la línea) y $|n|$ representa un parámetro interesantísimo que se denomina constante de propagación, su valor es $|n| = n \sqrt{(r + j \omega l)(g + j \omega c)}$.

Tomaremos el vector $|V_2|$ como origen de ángulos, con lo que su argumento será cero, el argumento de $|I_2|$ es $-\varphi_2$, considerando a φ_2 como desfase a la llegada; todo ello sometiéndonos casi por completo a las clásicas notaciones de Blondel.

Me propongo hoy hacer un ligero análisis de dichas expresiones [1],

a través del cual llegaremos a hacer visible, digámoslo así, el aspecto que presenta una línea en carga.

Para ello interesa sobre todo poner de relieve los valores de $|V|$ e $|I|$ en cada punto del circuito, y como estas magnitudes son vectoriales, el análisis antes dicho versará primero sobre los valores modulares y después sobre los argumentos de dichas variables; completará este trabajo el estudio de algún caso particular de especial interés, y haremos también referencia a los fenómenos de reflexión, ya que a ellos pueden asimilarse muchos de los que tienen lugar en las líneas.

Análisis de los valores modulares de $|V|$ e $|I|$.

Como todo valor modular, en sí mismo considerado, carece de afectación cualitativa, puede reemplazarse para el análisis por el valor de su cuadrado; así, son los valores V^2 e I^2 los que suelen someterse al estudio que nos ocupa.

Sabido es que para obtener el cuadrado del módulo de un vector basta multiplicarlo por su conjugado; algunos autores proceden así en el caso que estudiamos, pero yo he preferido seguir otro camino que juzgo más ventajoso: es calcular las proyecciones V_x , I_x y V_y , I_y de los vectores $|V|$ e $|I|$ y obtener $V^2 = V_x^2 + V_y^2$ e $I^2 = I_x^2 + I_y^2$.

Pero cualquiera que sea la norma que nos guíe, es preciso ante todo preparar las ecuaciones [1] poniendo en ellas en vez de $|n|$ su valor en forma de coordenadas rectangulares $|n| = b + ja$, porque las magnitudes escalares b y a (1) juegan el papel más interesante en la propagación de la corriente, sobre todo en las líneas telefónicas. Llamaré la primera de esas constantes *coeficiente de amortiguamiento o de atenuación* (2) y la segunda *coeficiente de distorsión o de longitud de onda*; en el curso de este artículo justificaremos estas denominaciones.

Tratemos de determinar los valores de b y de a en función de ω y de las constantes r , l , g y c . Partamos de la igualdad

(1) Por regla general, en telefonía se designan estos coeficientes por α y β ; como quiera que en la notación de Blondel estas letras tienen otro significado, he decidido usar los caracteres a y b en lugar de los indicados.

(2) Es muy de lamentar que no exista mayor unidad de nomenclatura y de notaciones; he tenido ocasión de observar la diversidad de denominaciones con que se designa a las mismas magnitudes en la Compañía Telefónica Nacional y en la Red Telefónica de Guipúzcoa. En cuanto a las notaciones, hay especial discrepancia entre los electricistas que se ocupan de líneas de alta tensión y de los que atienden a asuntos de telefonía, y es más, los de cada grupo no guardan acuerdo entre sí.

$$b + ja = \sqrt{(r + j\omega l)(g + j\omega c)}$$

$$b^2 - a^2 + j2ab = gr - \omega^2 cl + j(\omega cr + \omega lg)$$

igualando las partes reales e imaginarias llegamos al sistema

$$b^2 - a^2 = gr - \omega^2 cl$$

$$2ab = \omega(cr + lg)$$

que resuelto y tomando las soluciones reales del mismo queda

$$b = \sqrt{\frac{1}{2} [gr - \omega^2 cl + \sqrt{(gr - \omega^2 cl)^2 + \omega^2 (cv + lg)^2}]}$$

$$a = \sqrt{\frac{1}{2} [\omega^2 cl - gr + \sqrt{(gr - \omega^2 cl)^2 + \omega^2 (cv + lg)^2}]}$$

notemos en ellas que si r y g son despreciables ante l y c

$$b = 0$$

$$a = \omega \sqrt{cl}.$$

Con la modificación anunciada y poniendo en vez de $|m|$ su igual $m|\underline{\gamma}|$ las ecuaciones [1] toman esta forma (1):

$$|V| = V_2 Ch(b + ja)x + I_2 m|\underline{\gamma} - \varphi_2| Sh(b + ja)x$$

$$|I| = I_2 |\underline{-\varphi_2}| Ch(b + ja)x + \frac{V_2}{m} |\underline{-\gamma}| Sh(b + ja)x,$$

recordando que

$$Ch(b + ja)x = Chbx \cos. ax + j Shbx \sin. ax \quad (2)$$

$$Sh(b + ja)x = Shbx \cos. ax + j Chbx \sin. ax$$

podemos escribir

(1) Téngase en cuenta que el defasaje φ_2 se considera como *defasaje positivo* cuando $|I_2|$ está en retraso, pero en tal caso, φ_2 mirado como argumento es negativo, es decir, $|I_2| = I_2 |\underline{-\varphi_2}|$. No todos los autores admiten este convenio, y estas divergencias provocan molestas confusiones.

(2) Puede consultarse para guía en las operaciones con funciones hiperbólicas, en el MEMORIAL DE INGENIEROS, núm. 11 de noviembre de 1928, artículo «Las funciones hiperbólicas».

$$\left. \begin{aligned}
 |V| &= V_2 Chbx \cos. ax + V_2 Shbx \sin. ax \mid 90^\circ + \\
 &+ I_2 m Shbx \cos. ax \mid \gamma - \varphi_2 + I_2 m Chbx \sin. ax \mid 90^\circ + \gamma - \varphi_2 \\
 |I| &= I_2 Chbx \cos. ax \mid -\varphi_2 + I_2 Shbx \sin. ax \mid 90^\circ - \varphi_2 + \\
 &+ \frac{V_2}{m} Shbx \cos. ax \mid -\gamma + \frac{V_2}{m} Chbx \sin. ax \mid 90^\circ - \gamma .
 \end{aligned} \right\} [2]$$

La figura 1 expresa la suma vectorial que integra la primera de estas

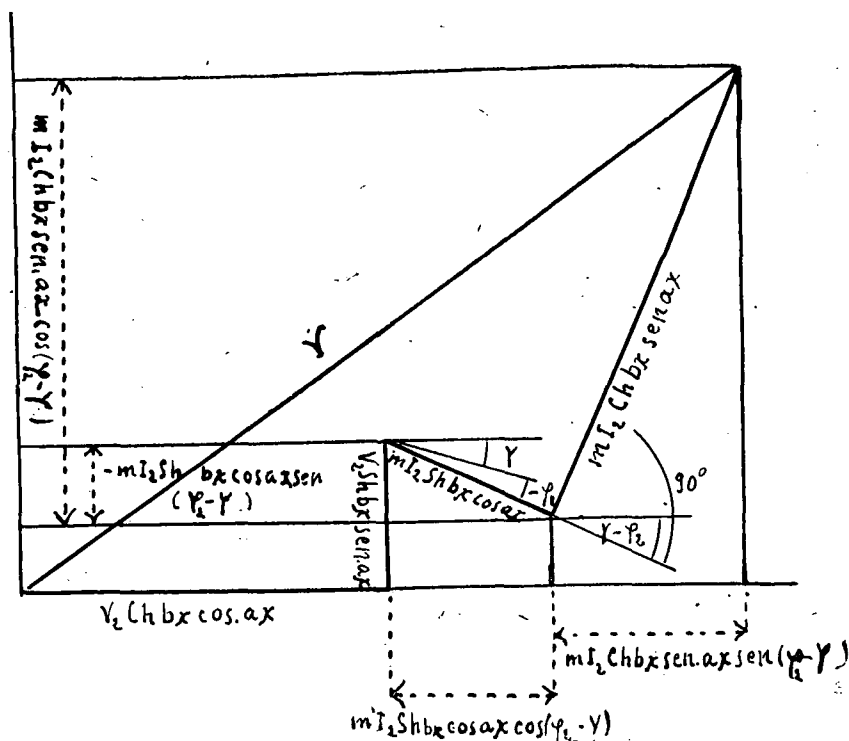


Fig. 1.

expresiones; abandonamos por ahora el valor de $|I|$ refiriéndonos tan sólo al de $|V|$. Téngase en cuenta que el valor de γ es generalmente negativo (1), esto justifica la dirección que hemos dado en el gráfico a los vectores, en cuyo argumento entra dicho ángulo.

Dedúcense ya fácilmente V_x y V_y , son sus valores:

(1) Como g es casi siempre muy pequeño comparado con ωc , el argumento θ' de $g + j\omega c$, suele ser mayor que θ , argumento de $r + j\omega l$.

$$\left. \begin{aligned} V_x &= V_2 C h b x \cos. a x + I_2 m S h b x \cos. a x \cos. (\varphi_2 - \gamma) + \\ &\quad + I_2 m C h b x \sin. a x \sin. (\varphi_2 - \gamma) \\ V_y &= V_2 S h b x \sin. a x - I_2 m S h b x \cos. a x \sin. (\varphi_2 - \gamma) + \\ &\quad + I_2 m C h b x \sin. a x \cos. (\varphi_2 - \gamma). \end{aligned} \right\} [3]$$

La figura 1 ayuda a la formación de estos valores.

Los cuadrados de V_x y V_y e tan escritos a continuación en forma de cuadro, que facilitará la obtención de la suma $V^2 = V_x^2 + V_y^2$:

$$\begin{aligned} V_x^2 &= V_2^2 C h^2 b x \cos.^2 a x + \\ &+ I_2^2 m^2 S h^2 b x \cos.^2 a x \cos.^2 (\varphi_2 - \gamma) + \\ &+ I_2^2 m^2 C h^2 b x \sin.^2 a x \sin.^2 (\varphi_2 - \gamma) + \\ &+ 2 V_2 I_2 m C h b x S h b x \cos. a x \cos. (\varphi_2 - \gamma) + \\ &+ 2 V_2 I_2 m C h^2 b x \cos. a x \sin. a x \sin. (\varphi_2 - \gamma) + \\ &+ 2 I_2 m C h b x S h b x \cos. a x \sin. a x \sin. (\varphi_2 - \gamma) \cos. (\varphi_2 - \gamma). \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_y^2 &= V_2^2 S h^2 b x \sin.^2 a x + \\ &+ I_2^2 m^2 S h^2 b x \cos.^2 a x \sin.^2 (\varphi_2 - \gamma) + \\ &+ I_2^2 m^2 C h^2 b x \sin.^2 a x \cos.^2 (\varphi_2 - \gamma) + \\ &- 2 V_2 I_2 m S h^2 b x \sin. a x \cos. a x \sin. (\varphi_2 - \gamma) + \\ &+ 2 V_2 I_2 m S h b x C h b x \sin.^2 a x \cos. (\varphi_2 - \gamma) - \\ &- 2 I_2 m S h b x C h b x \sin. a x \cos. a x \sin. (\varphi_2 - \gamma) \cos. (\varphi_2 - \gamma). \end{aligned}$$

Sumemos los términos de la primera fila de cada cuadro y obtendremos

$$V_2^2 [C h^2 b x \cos.^2 a x + S h^2 b x \sin.^2 a x] = V_2^2 [C h^2 b x (1 - \sin.^2 a x) + \sin.^2 a x (C h^2 b x - 1)] = V_2^2 [C h^2 b x - \sin.^2 a x]$$

pero también podemos poner

$$V_2^2 [C h^2 b x \cos.^2 a x + S h^2 b x \sin.^2 a x] = V_2^2 [\cos.^2 a x [1 + S h^2 b x] + S h^2 b x (1 - \cos.^2 a x)] = V_2^2 [\cos.^2 a x + S h^2 b x]$$

de aquí que la suma de los términos de la primera fila se reduzca a

$$\left. \begin{aligned} &\frac{V_2^2}{2} [C h^2 b x + S h^2 b x + \cos.^2 a x - \sin.^2 a x] = \\ &= \frac{V_2^2}{2} [C h 2 b x + \cos. 2 a x]. \end{aligned} \right\} [A]$$

Efectuemos la suma de los términos en $I_2^2 m^2$ (líneas segunda y tercera del cuadro anterior); dicha suma es:

$$\begin{aligned}
I_2^2 m^2 [Sh^2 b x \cos.^2 a x + Ch^2 b x \sin.^2 a x] &= I_2^2 m^2 [Sh^2 b x (1 - \sin.^2 a x) + \\
&+ Ch^2 b x (1 - \cos.^2 a x)] = I_2^2 m^2 [Sh^2 b x + Ch^2 b x - Sh^2 b x \sin.^2 a x - \\
&- Ch^2 b x \cos.^2 a x] = I_2^2 m^2 [Sh^2 b x + Ch^2 b x - \sin.^2 a x (Ch^2 b x - 1) - \\
&- \cos.^2 a x (1 + Sh^2 b x)] = I_2^2 m^2 [Sh^2 b x + Ch^2 b x + \sin.^2 a x - \\
&- \cos.^2 a x - [Sh^2 b x \cos.^2 a x + Ch^2 b x \sin.^2 a x]]
\end{aligned}$$

y advirtiendo que la expresión contenida en el pequeño corchete es igual a la misma cuyo valor perseguimos, nos es lícito dar a dicha suma esta forma

$$\frac{I_2^2 m^2}{2} (Ch^2 b x - \cos. 2 a x). \quad [B]$$

Concluyamos sumando los términos de las filas cuarta y quinta, pues to que los de la sexta son iguales y de signo contrario:

$$\begin{aligned}
2 V_2 I_2 m [Ch b x Sh b x \cos. (\varphi_2 - \gamma) + \cos. a x \sin. a x \sin. (\varphi_2 - \gamma)] &= \\
= V_2 I_2 m \cos. (\varphi_2 - \gamma) Sh^2 b x + V_2 I_2 m \sin. (\varphi_2 - \gamma) \sin. 2 a x. & [C]
\end{aligned}$$

La suma de las expresiones [A], [B] y [C], nos determina

$$\begin{aligned}
V_2^2 &= (Ch^2 b x) \frac{V_2^2 + I_2^2 m^2}{2} + (Sh^2 b x) V_2 I_2 m \cos. (\varphi_2 - \gamma) + \\
&+ (\cos. 2 a x) \frac{V_2^2 - I_2^2 m^2}{2} + (\sin. 2 a x) V_2 I_2 m \sin. (\varphi_2 - \gamma). \quad [4]
\end{aligned}$$

Para calcular I^2 tomemos la expresión [I] de las fórmulas [2] y multipliquemos sus dos miembros por el vector $1 | \varphi_2$, con lo que toma esta forma

$$\begin{aligned}
[I] \times 1 | \varphi_2 &= I | \underline{0} = I_2 Ch b x \cos. a x + I_2 Sh b x \sin. a x | \underline{90^\circ} + \\
&+ \frac{V_2}{m} Sh b x \cos. a x | \underline{\varphi_2 - \gamma} + \frac{V_2}{m} Ch b x \sin. a x | \underline{90^\circ + \varphi_2 - \gamma}
\end{aligned}$$

o bien

$$\begin{aligned}
I | \underline{0} &= I_2 Ch b x \cos. a x + I_2 Sh b x \sin. a x | \underline{90^\circ} + \\
&+ \frac{V_2}{m} Sh b x \cos. a x | \underline{\gamma - \varphi_2} + \frac{V_2}{m} Ch b x \sin. a x | \underline{90^\circ + \gamma - \varphi_2} \quad [5];
\end{aligned}$$

esta expresión tiene la misma estructura que la [V] de las fórmulas [2],

luego sometida al mismo proceso de cálculo nos conducirá al cuadrado del valor modular del vector $I \mid \underline{0}$, que es el mismo que el de $|I| = I \mid \underline{\varphi_2}$.

El resultado es este:

$$I^2 = Ch \ 2 \ b \ x \frac{\frac{V_2^2}{m^2} + I_2^2}{2} + Sh \ 2 \ b \ x \frac{V_2 I_2}{m} \cos. (\varphi_2 - \gamma) - \\ - \cos. 2 \ a \ x \frac{\frac{V_2^2}{m^2} - I_2^2}{2} - \sin. 2 \ a \ x \frac{V_2 I_2}{m} \sin. (\varphi_2 - \gamma) \quad [5].$$

Advirtamos que las ecuaciones [4] y [5] están formadas cada una por cuatro términos; los dos primeros contienen funciones hiperbólicas, y los otros dos, funciones circulares. Vamos a demostrar que la suma de los dos primeros, tanto en una como en otra expresión es positiva y crece sin cesar desde el origen (fin de línea) hasta el punto inicial. En efecto, si $\cos. (\varphi_2 - \gamma) > 0$ salta a la vista la exactitud de la afirmación, puesto que todos los términos que consideramos son positivos y $Sh \ 2 \ b \ x$ y $Ch \ 2 \ b \ x$ no son funciones periódicas, sino que crecen constantemente a medida que aumenta x .

Pero aun cuando $\cos. (\varphi_2 - \gamma) \leq 0$ queda en pie la afirmación; pongamos en vez de V_2 su igual $I_2 Z_r$, representando Z_r la impedancia del aparato receptor o del transformador de llegada, y podremos escribir:

$$I_2^2 \left[\frac{Z_r^2 + m^2}{2} \right] > I_2^2 [Z_r m] \cos. (\varphi_2 - \gamma)$$

y como

$$Ch \ 2 \ b \ x > Sh \ 2 \ b \ x$$

la suma de los términos en Ch y en Sh de la expresión de V^2 es siempre positiva. Fácilmente se hace extensiva esta demostración a los mismos términos de la expresión de I^2 . Como la derivada de dicha suma con relación a x es también positiva, dicha suma es creciente como tratábamos de demostrar.

La curva a de la figura 2 representa la suma que nos ocupa, o sea

$$Ch \ 2 \ b \ x \frac{V_2^2 + I_2^2 m^2}{2} + Sh \ 2 \ b \ x \ V_2 I_2 m \cos. (\varphi_2 - \gamma),$$

pero la misma curva es también expresión de la suma correspondiente a los dos primeros términos de I^2 multiplicada por m^2 , es decir:

$$\left[Ch 2 b x \frac{\frac{V_2^2}{m^2} + I_2^2}{2} + Sh 2 b x \frac{V_2 I_2}{m} \cos. (\varphi_2 - \gamma) \right] m^2.$$

En cuanto a los términos que contienen funciones circulares, tanto

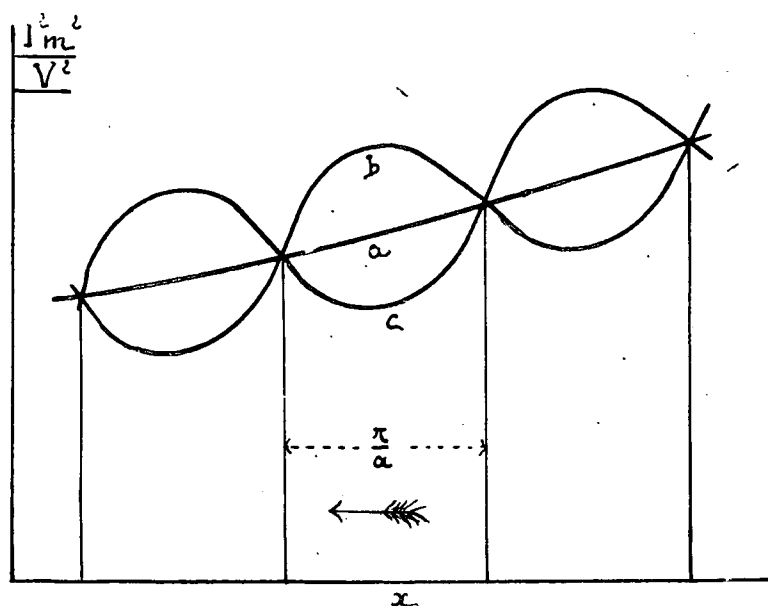


Fig. 2.

en V^2 como en I^2 , representan una función senoidal de período $\frac{2\pi}{2a} = \frac{\pi}{a}$

y fase: ángulo $\left(\tan. = \frac{2 V_2 I_2 m}{V_2^2 - I_2^2 m^2} \right)$ de igual valor absoluto para una y otra expresión, pero de signo contrario; en cuanto a la amplitud, también es la misma si multiplicamos por m^2 los términos de I^2 .

Estas funciones senoidales se superponen a las que representa la curva a (fig. 2), según lo expresan las curvas b y c , que son una representación de V^2 y otra de $I^2 m^2$.

De cuanto precede se deduce:

1.º Que las expresiones de V^2 e I^2 y, por lo tanto, los módulos de $|V|$ e $|I|$, tienden a decrecer desde el punto de producción hasta el de utilización de la corriente, y la intensidad de ese decrecimiento guarda

íntima relación con el coeficiente b . De aquí su nombre *coeficiente de amortiguamiento o de atenuación*.

2.º Por otra parte, sobrepuestas a esta tendencia tenemos elevaciones y depresiones a lo largo de la línea, a modo de ondas estacionarias.

3.º Como quiera que el coeficiente b depende de ω , si en la línea circulan varias corrientes simultáneas (o una corriente no senoidal), dichas corrientes y sus armónicos se amortiguan con diferente intensidad, según las frecuencias; esto constituye un grave inconveniente en telefonía, donde suele darse a este fenómeno el nombre de *distorsión en amplitud*.

Advirtamos también que la longitud de las ondas estacionarias depende de a ; esto justifica el nombre de coeficiente de *longitud de onda* que se da a este parámetro, pero su importancia la ponderaremos mejor más adelante.

4.º La existencia a lo largo de la línea de ondas estacionarias con sus vientres y nodos nos predice la presencia de fenómenos de reflexión.

Análisis de los argumentos de $|V|$ e $|I|$.

El argumento del vector $|V|$ en un punto cualquiera de la línea, se deduce fácilmente de las expresiones [3]; basta tener presente que tangente $\psi_v = \frac{V_y}{V_x}$; pero esta relación, demasiado complicada, nos dice tan sólo que a influye en ella tendiendo a producir una variación periódica cuya periodicidad se perturba por la influencia de b . Pero a poco considerable que sea b , si x es algo grande, $Sh\ b\ x$ iguala prácticamente a $Ch\ b\ x$ (1) y la expresión de tangente ψ_v puede ponerse así

$$\tan. \psi_v = \frac{V_2 \operatorname{sen.} a x + I_2 m \operatorname{sen.} (a x - (\varphi_2 - \gamma))}{V_2 \cos. a x + I_2 m \cos. (a x - (\varphi_2 - \gamma))} \quad [6]$$

En cuanto a la fase de $|I|$, se determina igualmente partiendo de la expresión [5]; la relación de las proyecciones sobre los ejes y y x de la referida expresión da la tangente del ángulo $\psi_i + \varphi_2$; sin repetir nuevamente los cálculos hechos para $|V|$, podemos escribir:

(1) Las funciones Sh y Ch igualan casi sus valores desde que se aplican a ángulos de 3,5 radianes hiperbólicos; desde 7,5 radianes la igualdad puede considerarse perfecta.

$$\tan. (\psi_i + \varphi_2) = \frac{I_2 \text{ sen. } a x + \frac{V_2}{m} \text{ sen. } (a x - (\varphi_2 - \gamma))}{I_2 \text{ cos. } a x + \frac{V_2}{m} \text{ cos. } (a x - (\varphi_2 - \gamma))} \quad [7]$$

Las expresiones [6] y [7] nos hacen ver que las tangentes de los ángulos de fase de $|V|$ e $|I|$ varían periódicamente; de aquí podrían deducirse algunas consecuencias, pero es más práctico limitar el estudio de fases a un caso particular muy fecundo en enseñanzas.

Caso de línea infinitamente larga.

Antes de entrar en el estudio de este caso particular, vamos a calcular la expresión del cociente $\frac{V_x}{I_x}$.

Esta relación tiene, como inmediatamente se deja ver, dimensiones de impedancia, y es la impedancia resultante de la línea x y del aparato final; cuando x es igual a longitud de la línea, recibe el nombre de *impedancia de emisión* (esta denominación es empleada de un modo especial en telefonía).

Según lo dicho

$$|Z_e| = \frac{|V_2| \text{ Ch } |n| x + |I_2| m \text{ Sh } |n| x}{|I_2| \text{ Ch } |n| x + \left[\frac{V_2}{m} \right] \text{ Sh } |n| x};$$

pero pongamos en lugar de V_2 su igual $I_2 Z_v$ (Z_v es la impedancia del aparato receptor) y quedará después de multiplicar numerador y denominador por $|m|$

$$|Z_e| = \frac{|Z_v| \text{ Ch } |n| x + |m| \text{ Sh } |n| x}{|m| \text{ Ch } |n| x + |Z_v| \text{ Sh } |n| x} |m| \quad [8]$$

Si en esta igualdad consideramos la circunstancia de ser la línea de longitud infinita, lo que equivale a decir $\text{Ch } n x = \text{Sh } n x = \frac{e^{n x}}{2}$, o bien si la línea es suficientemente larga para que la igualdad de Ch y Sh sea prácticamente admisible, nos quedará

$$|Z_e| = |m|.$$

Es decir, en una línea infinita (o de suficiente longitud) la impedancia en un punto cualquiera de ella iguala a la impedancia característica.

Pero volvamos a la expresión [8], y si consideramos el caso en que $|Z_r| = |m|$, es decir, impedancia característica igual a impedancia de recepción, se reproduce la consecuencia

$$|Z_e| = |m|$$

por consiguiente, una línea cuya impedancia característica es igual a la impedancia del aparato receptor se puede asimilar a una línea de longitud infinita.

Sentados estos principios volvamos al cauce de nuestro artículo; en una línea equivalente a una infinita $|Z_r| = |m|$ luego $\varphi_2 = \gamma$; introduciendo esta condición en [4] y [5] y advirtiendo que en este caso $V^2 = I^2 m^2$, desaparecen en dichas expresiones los términos periódicos, quedando tan sólo los que expresan el amortiguamiento. Se sigue, pues, que en línea infinita (o equivalente a infinita) desaparecen las ondas estacionarias y todo indicio de fenómeno de reflexión.

Las fórmulas [6] y [7] toman en este caso particular la siguiente forma:

$$\tan. \psi_v = \frac{(V_2 + I_2 m) \operatorname{sen.} a x}{(V_2 + I_2 m) \operatorname{cos.} a x}$$

$$\tan. (\psi_v + \varphi_2) = \frac{\left(I_2 + \frac{V_2}{m}\right) \operatorname{sen.} a x}{\left(I_2 + \frac{V_2}{m}\right) \operatorname{cos.} a x}$$

O sea

$$\psi_v = a x$$

$$\psi_v + \varphi_2 = a x.$$

Esto nos indica que las fases van variando a lo largo de la línea y que se encuentran en igual situación en puntos distantes entre sí en una cantidad $\frac{2\pi}{a}$; ello confirma que a lo largo de la línea se proponga sin reflexión una onda cuya longitud es $\frac{2\pi}{a}$. En cambio si no se cumple la condición $|Z_v| = |m|$, o la línea no es de longitud infinita, la onda se refleja total o parcialmente (caso extremo es el circuito abierto que ori-

gina la perfecta reflexión). La parte reflejada, según un hecho conocido en física, al interferir con la directa, crea ondas estacionarias de amplitud $\frac{\pi}{a}$; estas son las que delatan los términos senoidales de [4] y [5].

Podemos poner de manifiesto la onda directa y la reflejada, escribiendo las fórmulas fundamentales [1], como sigue:

$$\left. \begin{aligned} |V_1| &= \frac{e^{bx}}{2} [|V_2| + |m I_2|] e^{j a x} + \frac{e^{-bx}}{2} [|V_2| - |m I_2|] e^{-j a x} \\ |I_1| &= \frac{e^{bx}}{2} \frac{|V_2| + |m I_2|}{|m|} e^{j a x} - \frac{e^{-bx}}{2} \frac{|V_2| - |m I_2|}{|m|} e^{-j a x} \end{aligned} \right\} \text{ [1 bis]}$$

Si la línea es infinitamente larga (o suficientemente larga), los términos en e^{-bx} se anulan; lo mismo ocurre si $|m| = |Z_v|$; luego en línea infinita o equivalente queda

$$\begin{aligned} |V_1| &= \frac{e^{bx}}{2} [|V_2| + |m I_2|] (\cos. a x + j \operatorname{sen.} a x) \\ |I_1| &= \frac{e^{bx}}{2} \frac{|V_2| + |m I_2|}{|m|} (\cos. a x + j \operatorname{sen.} a x). \end{aligned}$$

Expresiones que significan ondas no reflejadas que se amortiguan según $b x$ a medida que disminuye x (x es distancia al fin de línea).

Si consideramos el caso de circuito abierto ($I_2 = 0$)

$$\begin{aligned} |V_1| &= \frac{e^{bx}}{2} |V_2| e^{j a x} + \frac{e^{-bx}}{2} |V_2| e^{-j a x}, \\ |I_1| &= \frac{e^{bx}}{2} \frac{|V_2|}{|m|} e^{j a x} - \frac{e^{-bx}}{2} \frac{|V_2|}{|m|} e^{-j a x}. \end{aligned}$$

Cada una de estas expresiones es la suma de dos ondas iguales que caminan y se amortiguan igualmente, pero sus sentidos de marcha son contrarios; representan el caso de la reflexión perfecta.

En las fórmulas [1 bis], que representan el caso general, se notan ambas ondas, pero la reflejada de cada expresión es de valor modular menor que la directa, conservando ambas la misma longitud de onda, nos dicen que hay reflexión parcial; la parte no reflejada pasa por la impedancia final.

Estas reflexiones son causa de las molestias conocidas en telefonía

con el nombre de *ecos*, y cuya influencia es muy perniciosa en comunicaciones a larga distancia, especialmente con relevadores de válvulas.

Se ha de prestar atención especial a la dependencia que existe entre a y ω ; depende a de ω , pero no son proporcionales estas magnitudes, salvo en el caso en que r y g sean despreciables, según antes hemos hecho notar (1); de aquí se sigue la consecuencia de que las ondas se propagan con diferente velocidad; en efecto, la longitud de onda es $WT = \frac{2\pi}{a}$, siendo

W la velocidad de propagación, o sea:

$$W = \frac{2\pi}{a} : \frac{2\pi}{\omega} = \frac{\omega}{a};$$

sólo siendo ω y a proporcionales W sería igual para todas las corrientes.

Si emitimos varias corrientes simultáneamente, por ejemplo la corriente fundamental y las armónicas correspondientes a un sonido o voz, la onda fundamental y los diferentes armónicos se irán desligando entre sí en el recorrido de la línea, dando lugar a la *distorsión de fase*, que también se llama *distorsión en longitud* o simplemente *distorsión*. Este fenómeno contribuye a variar el timbre de los sonidos en la comunicación telefónica y a *desarticular la emisión*.

De lo que precede se deduce una cabal justificación del nombre con que se designa al parámetro a : *coeficiente de distorsión o de longitud de onda*.

Cuando $a = \omega \sqrt{cl}$ la velocidad común de propagación de todas las ondas es $W = \frac{\omega}{a} \frac{1}{\sqrt{cl}} = \frac{1}{\sqrt{cl}}$.

Corrientes industriales y corrientes telefónicas.

En el transcurso de este artículo se pone de relieve cómo los fenómenos de transmisión afectan de un modo muy sensible a las corrientes telefónicas, que podíamos calificarlas de *corrientes delicadas*. La causa principal de esta susceptibilidad por parte de tales corrientes radica en su complejidad, pues mientras en los transportes industriales interesa tan sólo la onda fundamental única y bien definida, en las comunicaciones telefónicas se emiten simultáneamente varias corrientes y en ellas tanto importan sus armónicas como la senoide principal; en una palabra, la corriente telefónica es fiel reproducción de la gran complicación acústica que encierran la voz y la música.

(1) También lo son en el caso de líneas perfectamente pupinizadas.

Pero, además, las ondas son tan amplias en las corrientes industriales, que no llegan a manifestarse dentro de la extensión de las líneas; por ejemplo, en un transporte a 50 periodos, con hilo de cobre (hilos en triángulo equilátero), sección 238 milímetros cuadrados y distancia entre hilos 4,50 metros, el coeficiente a resulta más bien algo grande y, sin embargo, la longitud de onda $\frac{2\pi}{a}$ es superior a los 5.000 kilómetros, y pasan de 2.500 kilómetros las ondas estacionarias, esto nos da idea de la gran longitud que necesita una línea para poder abarcar tan sólo un cuarto de onda.

En cambio, en telefonía aparecen ondas de longitud muy inferior a un centenar de kilómetros, notándose dentro de las distancias de comunicación interurbana la presencia de las ondas y de los fenómenos de distorsión y otros ya dichos.

Si bien, como señalamos en otro artículo, las fórmulas fundamentales que se emplean en telefonía y en el cálculo de líneas de alta tensión son una misma cosa, desde este punto de partida uno y otro problema divergen acentuadamente, como acabamos de hacerlo notar; en otros artículos tendremos ocasión de indicar los caracteres particulares de estas dos cuestiones, poniendo más de manifiesto su modo de ser, casi esencialmente opuesto en el orden práctico.

Caso de antena.

Para terminar, voy a recordar brevemente cómo dentro del método de cálculo que seguiremos tiene inmediata interpretación el modo de oscilar de una antena unifilar.

Supongamos la antena desprovista de resistencia radiancia y pérdidas. La antena es un circuito abierto en la extremidad de llegada, al cual se impone la condición de que $|V|$ a la partida sea cero (voltaje de tierra). Al imponer una condición al circuito, éste no puede admitir toda clase de frecuencias, o en el lenguaje del telegrafista no puede oscilar con cualquier longitud de onda. Considerado el hecho en el campo analítico, las ecuaciones generales [1], al imponer a $|V|$ valores determinados, no pueden ser satisfechas por cualquier valor de ω .

En el caso concreto en que nos hemos puesto

$$b = 0 \quad \text{y} \quad ja = j\omega \sqrt{lc}.$$

Recordando que

$$Chjb = \cos. b \quad \text{y} \quad j \operatorname{sen}. a = Shja$$

y teniendo presente que $I_2 = 0$ las ecuaciones [1] quedan así:

$$|V| = V_2 \cos. a x \quad y \quad |I| = j \frac{V_2}{|m|} \text{sen. } a x. \quad [9]$$

Llamando l_a a la longitud de antena, para $x = l_a$ ha de ser $|V| = 0$, esta restricción en los valores de $|V|$ exige que $\cos a l_a = 0$, o sea

$$\cos. \omega l_a \sqrt{l c} = 0,$$

de aquí que

$$\omega l_a \sqrt{l c} = \frac{(2k + 1) \pi}{2}$$

y

$$\omega = \frac{(2k + 1) \pi}{2} \cdot \frac{1}{l_a \sqrt{l c}};$$

teniendo en cuenta que la longitud de onda vale

$$l_o = \frac{2 \pi}{a} = \frac{2 \pi}{\omega \sqrt{l c}}$$

podemos poner

$$\frac{2 \pi}{l_o \sqrt{l c}} = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{1}{l_a \sqrt{l c}}$$

o bien

$$\frac{2 \pi}{l_a \sqrt{l c}} = \frac{(2k + 1) \pi}{2} \frac{1}{l_a \sqrt{l c}}$$

de donde

$$l_a = \frac{1}{4} l_o$$

o bien

$$l_a = (2k + 1) \frac{1}{4} l_o.$$

Con lo dicho, queda comprobada la conocidísima propiedad de que las antenas oscilan según una longitud de onda igual a cuatro veces su propia largura, con armónicos de orden impar.

Las expresiones [9] marcan el defasaje de un cuarto de período que en el tiempo conservan $|V|$ e $|I|$ y dejan ver la repartición de amplitudes de ambos vectores a lo largo de la antena; como se sabe, en el extremo libre se hallan el máximo de $|V|$ y mínimo de $|I|$ y en la base el máximo de $|I|$ y mínimo de $|V|$.

José ANGEL PETRIRENA.

LA PROMOCIÓN DE 1929 EN LA ESCUELA POLITÉCNICA FRANCESA

Una casualidad ha puesto en mis manos la distribución de los alumnos de este año, y por parecerme materia interesante, me decido a escribir unas líneas que, a modo de información y por vía de entremés, caben en las columnas del MEMORIAL, entre los sólidos trabajos profesionales que publica.

Sabido es el prestigio científico de que goza esta Escuela, fundada por Napoleón en 1805 con el fin de proporcionar alumnos con sólido bagaje matemático y disciplina a las especialidades militares, llamadas ya entonces Cuerpos Técnicos, y las carreras civiles que lo requerían. Para conseguir estos fines dió a la Escuela carácter y organización militar, poniendo a su frente un general, pero reclutando el profesorado entre los más capaces en cada materia, fueran civiles o militares; sometiendo a los alumnos a régimen de internado de poca severidad, siendo de abono el tiempo servido como en filas, y dotándolos de uniforme que por tradición se conserva y hoy resulta exótico: levita negra, casi igual a la que llevábamos hace veinte años, pantalón igual, espada de ceñir y sombrero apuntado elástico (claque), que ha dado origen a llamar *boite à claque* el patio de alumnos de la Escuela. Pocas cosas recuerda el autor de estas líneas más evocadoras de pasado glorioso y tradición celosamente conservada, que ver un desfile militar en París el año 23, en que los X (que así llaman a los politécnicos), desfilan con su arcaico indumento entre los soldados modernos vestidos de kaki y tocados con el casco de guerra, que no es precisamente el de los coraceros del Imperio.

En sus comienzos la Politécnica sólo daba alumnos al Cuerpo análogo al nuestro de caminos (*ponts et chaussées*), minas, pólvoras, artillería e ingenieros. La multiplicación de medios de combate, el desarrollo de la técnica industrial y aumento de necesidades de la administración civil, ha aumentado el número de servicios que requieren técnica matemática en sus individuos, y cada día son en mayor número los que piden politécnicos. A este respecto, es característico el año 29, pues en él, por primera vez, han pedido politécnicos la infantería y los carros de combate.

El ingreso en la Politécnica es por oposición libre entre los franceses que tengan de diez y seis a veinte años, o veinticuatro si están en el Ejército, pudiendo admitir, pues no están excluidos, oficiales del Ejército. Las materias exigidas son principalmente matemáticas, descriptiva y analítica, inclusive. Los estudios duran dos años en los que estudian hasta

mecánica aplicada y arquitectura (composición de edificios y proyectos); como la preparación suele durar dos años para los bachilleres en Ciencias, la edad media de salida de la Politécnica es la de veintiún años, después de cuatro de intenso trabajo. Se comprende que a esa edad, y tratándose de juventud ya muy seleccionada, traten de seguir carreras que ofrezcan porvenir social más desahogado que el ofrecido en general por el Ejército. Ello explica las aparentes anomalías del siguiente cuadro:

Promoción de 1929.

SERVICIOS	Plazas ofrecidas.	Plazas pedidas.	Plazas vacantes.
Comisarios de Marina.....	1	1	»
Ingenieros de minas coloniales....	1	1	»
Ingenieros hidrógrafos.....	2	2	»
Ingenieros de montes coloniales..	2	2	»
Pólvoras.....	4	4	»
Ingenieros de minas metrópoli....	4	4	»
Infantería metropolitana.....	5	0	5
Ingenieros de montes metrópoli...	5	5	»
Ingenieros industriales del Estado.	6	5	1
Ingenieros de la Aeronáutica.....	8	8	»
Artillería naval.....	9	9	»
Carros de combate.....	10	0	10
Infantería colonial.....	10	0	10
Ingenieros de caminos (colonias)...	10	10	»
Correos y Telégrafos.....	12	12	»
Marina de guerra.....	12	10	2
Ingenieros navales.....	15	15	»
Ingenieros de caminos metrópoli..	20	20	»
Artillería colonial.....	20	0	20
Aeronáutica.....	25	20	5
Ingenieros del Ejército.....	60	28	32
Artillería metrópoli.....	ilimitado	19	?
<i>Total de alumnos disponibles...</i>	241	195	.

46 alumnos no han querido ningún servicio.

Las plazas se conceden por riguroso orden de calificaciones.

El estudio de este cuadro se presta a reflexión. En primer lugar llama la atención el elevado número de alumnos, 46, es decir el 20 por 100 que no pudiendo ir por falta de nota al cuerpo que querían, han preferido recobrar su libertad, es decir marcharse sin título alguno. Ello se explica porque el prestigio del certificado de estudios les permite desde luego colocarse en la industria, o entrar en escuelas como las de mi-

nas, agrónomos o industriales, (*arts et metiers*), que tienen ingreso directo. Es también instructivo el enorme número de plazas sin cubrir en todos los cuerpos del Ejército: en Ingenieros han quedado sin cubrir la mitad de las plazas, algo más en Artillería metropolitana, y nadie ha querido la Artillería colonial, infantería ni carros de combate. Aunque no conozco el estado del espíritu íntimo del Ejército francés, (que para ello es preciso convivir largo tiempo), no es preciso ser un lince para encontrar la causa: el Ejército no ofrece hoy a la oficialidad ni gran presente ni brillante porvenir; del económico no hay ni que hablar; el social íntimamente enlazado con aquél está muy combatido; y el puramente militar está, si no reservado, poco menos, a los oficiales diplomados de la Escuela de Guerra. En estas condiciones, al politécnico que va al Ejército sólo le queda el prestigio de serlo y, aunque éste es muy grande, como personalmente he tenido ocasión de comprobar, pues en cuanto un oficial de Artillería o Ingenieros no ha dicho a los cinco minutos de conversación que es politécnico (1), puede asegurarse que no lo es; no llega a tanto el romanticismo de la masa, que cubra las plazas ofrecidas. Esto es grave y preocupa a las altas jerarquías del Ejército francés, que necesita técnicos, y muy serios, para el manejo adecuado de las modernas máquinas, y no los encuentra.

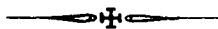
Sorprende el ánimo la primera línea de ese cuadro. ¿Para qué querrá la Comisaría de la Armada politécnicos? En ello interviene la tradición: la Comisaría tiene en Francia funciones similares a las de nuestro Cuerpo de Intendencia, no de Intervención, que allí llaman *Controleurs*, y en la armada le han dado grande importancia desde su reorganización en tiempos de Colbert. Al crearse la Politécnica dieron una plaza en la primera promoción, y así sigue, a pesar de que el Cuerpo, que es numeroso, se nutre de otros orígenes, entre ellos oficiales del Cuerpo General.

Debe notarse que las plazas ofrecidas en Correos y Telégrafos, no son, claro está, para oficiales de estos servicios, sino para los técnicos de construcción de líneas y servicios telefónicos, que en Francia son del Estado. La fabricación de explosivos por el Estado forma un cuerpo especial de químicos, llamados de pólvoras y salitres; no tiene gran importancia, pero es grande la de la industria privada, y por eso tiene siempre aspirantes, lo mismo que pasa en los Ingenieros navales y de la Aeronáutica, que forma cuerpo especial, como es de suponer pase entre nosotros con los ingenieros aeronáuticos. Los demás cuerpos o servicios no necesitan comentario especial.

SALVADOR GARCIA DE PRUNEDA.

(1) Durante la guerra y después han entrado de diversas procedencias.

NECROLOGIA



En 25 de diciembre último falleció, como consecuencia de una agresión en la carretera de Tetuán a Xauen, el teniente D. Nicolás Joya, según se hizo constar en la sección necrológica del último enero, al insertar una sentida carta de su padre, y el 7 de agosto último falleció nuestro compañero el teniente Piñeiro.

El teniente Joya, en su corta vida militar, tuvo ocasión de tomar parte en numerosos hechos de armas durante las operaciones de 1924 y en el desembarco de Alhucemas, y acciones que fueron su consecuencia. En la improvisación de obras públicas que siguió a la ocupación de extensos territorios en estado bárbaro, realizó trabajos de ingeniería, pudiendo así demostrar simultáneamente sus cualidades militares y sus aptitudes técnicas. En esta piedra de toque probó se trataba de un oficial brillante, cuya desaparición constituye una verdadera desgracia para la Colectividad.

Era el teniente Piñeiro de aristocrática familia y había demostrado en su corta permanencia en las filas del Cuerpo su amor a la profesión y virtudes militares, que le llevaron después de su actuación en Marruecos y en las últimas operaciones que allí se realizaron poco antes de la pacificación, a ingresar en la Aviación, en cuyo servicio ha encontrado la muerte por trágico accidente.

Reciban las familias de nuestros compañeros el pésame más sincero, que el MEMORIAL les envía, haciéndose intérprete del sentir de la Colectividad de que es portavoz.

EXTRACTO DE LA HOJA DE SERVICIOS DEL TENIENTE DE INGENIEROS

Don Nicolás Joya y García.

Nació en Berja (Almería) en febrero de 1899, ingresó en la Academia en septiembre de 1918 y fué nombrado teniente del Cuerpo en septiembre de 1923, siendo su primer destino el 1.º Regimiento de Zapadores Minadores, con una de cuyas compañías tomó parte en la Escuela Práctica de conjunto verificada en Buñol en febrero de 1924.

En marzo de este año se le destinó al Regimiento de Telégrafos, en el cual prestó servicios en el Pardo hasta septiembre, marchando en esta fecha con la 6.ª compañía expedicionaria a Africa. Durante el viaje sufrió el tren en que iba un importante descarrilamiento en Puente Genil.

Incorporado el día 18 a Ceuta, salió al mando de una sección en la columna del teniente coronel Laviña, resultando contuso a consecuencia de una caída de caballo. Tomó parte en la operación del día 19 sobre el macizo de Gorgues y fué evacuado a Tetuán por prescripción facultativa.

Una vez repuesto, salió el 4 de octubre con la columna Ovilo, cooperando a la ocupación de Amegar y dirigiendo las obras de fortificación de este punto, por no haber en el vivac oficial de zapadores. El día 18 marchó al Fondac de Ain-Yedida resultando su compañía ecrtada de la columna y atacada, sufriendo 12 bajas su sección y perdiendo todo el ganado y la mayor parte del material cerca de Tarames.

En noviembre prepara los enlaces de la columna Saro en Ben Karrik y desempeña eventualmente algunos cometidos de zapador.

Durante el año 1925 tomó parte en las operaciones de la columna Saro en R'gaia, en el desembarco en Alcázar Seguer con la columna Sousa, en el socorro a la posición de Ayabed con la columna Campins, a la ocupación de los montes de Sousen con la columna Franco, y después de las maniobras previas de entrenamiento, interviene en los amagos sobre Uad Lau y en el desembarco en la playa de la Cebadilla y subsiguientes operaciones sobre Monte Malmusi, de las Palomas y Adrar Seguer.

Sin perjuicio de su servicio normal, se le nombra arquitecto del poblado de Emil, director de las obras del matadero de Morro Viejo y de las de construcción del Hospital de la Cruz Roja, cuyo asentamiento en Cala Bonita fué elegido por él.

El año 1926 sigue en dichos cometidos y toma parte en febrero en la operación sobre el castillo de Buja Hedi, estableciendo los enlaces. En las operaciones de la columna Dolla en julio, sobre Beni Urriaguel, desempeñó el cargo de jefe de transmisiones y dirigió además la construcción de una pista a Tamasín. En octubre es destinado a la Plana Mayor del Regimiento, incorporándose al Pardo y prestando sus servicios en este Cantón hasta mayo de 1928, en que es destinado al Batallón de Ingenieros de Tetuán, encargándose de los trabajos de construcción de pistas en la zona de Bab Taza. En septiembre se traslada a Barranda y en octubre a Anazar, con igual cometido.

El día de Navidad, al marchar desde este punto a Tetuán para practicar la liquidación de fondos de su compañía, fué objeto de una agresión a 1.500 metros del puente de Fomento, en la carretera de Xauen, siendo trasladado herido al hospital de este último punto, donde falleció el mismo día.

Se hallaba en posesión de una cruz roja de 1.ª clase del Mérito Militar, medalla Militar de Marruecos con pasador Tetuán y la medalla de la Cruz Roja Española.

□

EXTRACTO DE LA HOJA DE SERVICIOS DEL TENIENTE DE INGENIEROS

Don Antonio Piñeiro y Caramés.

Nació en la Coruña en 10 de octubre de 1904, ingresó en la Academia en agosto de 1921, siendo nombrado teniente del Cuerpo en julio de 1926 y destinado seguidamente al Batallón de Ingenieros de Tetuán.

Durante su estancia de un año y cinco meses en esta unidad, dirigió trabajos de fortificación en Cudia Atba, zoco el Arbaá, Uad Lau, el Fondac, R'gaia, zoco el Tlelata, Xauen y otros, y los de las pistas de Taimut, Borch a Ain Guenen, Bab Taza. Tomó parte con la columna Martínez Monge en las operaciones en Yebel Tasso, Yebel Hessana y Yebel Yennai en julio de 1927.

En enero de 1928 fué destinado al Servicio de Aeronáutica para seguir el curso de observadores de aeroplano, título que obtuvo en 14 de julio, prestando servicio en el grupo 23 de la Escuadra de León hasta marzo de 1929, en cuya fecha pasó al grupo 4 de la Escuadra de Marruecos, en el cual prestó servicio de reconocimiento y correo. En 1.º de agosto pasó al grupo 3 con Plana Mayor en Tetuán, y al marchar a incorporarse por vía aérea a este destino, en el Breguet 39, aterrizó violentamente en Dar Acob, pereciendo por incendio de motor, en unión del piloto que lo conducía.

Estaba en posesión de la medalla Militar de Marruecos con pasador Tetuán. ☐

SECCIÓN DE AERONÁUTICA

El mareo aéreo.

La navegación aérea es, como es sabido, origen de perturbaciones fisiológicas de diversa índole conocidas con el nombre genérico de *mal des aviateurs* en francés, *air sickness* en inglés, *Luftkrankheit* en alemán y *mal dell'aria* en italiano, de las cuales unas afectan especialmente a los profesionales y otra se presenta principalmente en los pasajeros de aeronaves. Esta última, o sea el «mareo aéreo», en todo semejante al que se experimenta en los buques, es la más conocida vulgarmente, y por su importancia relativamente al tráfico de líneas aéreas, ha sido y está siendo objeto continuo de estudios y experimentaciones en los diferentes países interesados en las comunicaciones aeronáuticas.

Parece indudable que, independientemente de la mayor o menor predisposición de cada persona para sentir el mareo, la causa principal de esta enfermedad son las aceleraciones percibidas y de ritmo o intensidad no previsto por el paciente, así, pues, no suele presentarse el mareo, aunque la causa física, o sea las aceleraciones, esté actuando, si el individuo está tan abstraído en su atención que no la presta a los movimientos a que está sometido, o si percibiéndolos puede seguir y prever el ritmo en que se producen. A esta causa principal pueden unirse otras secundarias como es el movimiento del campo visual, el olor, falta de ventilación, etc.

Las aceleraciones que en su movimiento puede sufrir un vehículo aéreo, bien sea por perturbación del aire en que navega o por maniobra de su piloto, son de dos clases: angulares y lineales. Las primeras pueden ser de cabeceo, de balanceo o de desviación de ruta (guiñada), según que se produzcan alrededor del eje transversal de la aeronave, del longitudinal o del vertical, pero tienen poco efecto de mareo, sobre todo la última, que no suele presentarse, por pasar los ejes respectivos por las proximidades de los pasajeros.

Las aceleraciones lineales, y principalmente los movimientos bruscos verticales, llamados impropriamente «agujeros o bolsas de aire», aunque son producidos por rachas ascendentes o descendentes, o de espaldas o de frente, que disminuyendo o aumentando bruscamente la velocidad relativa, hacen variar también la sustentación de los aviones, son la causa más importante del mareo aéreo. Por este motivo, de los distintos vehículos aéreos conocidos, más pesados y menos pesados que el

aire, los más expuestos a originar el mareo son los aviones y los globos cautivos, porque en ellos las rachas de viento producen las mayores perturbaciones en el equilibrio vertical y, por lo tanto, las mayores aceleraciones lineales ascendentes o descendentes. En los autogiros se encuentra aminorado este efecto, porque la influencia de la racha no se transmite directamente a la sustentación del vehículo, como ocurre en los aviones, sino por el intermedio de la inercia de las palas sustentadoras, lo que hace que las aceleraciones producidas no sean tan intensas.

En los globos dirigibles, como la sustentación es independiente de la velocidad relativa con el aire, las rachas no producen aceleraciones lineales, no existen las molestas «bolsas de aire» de los aviones, y las aceleraciones se reducen a las angulares que, en las aeronaves de gran capacidad, son tan lentas por el gran momento de inercia, que no llegan a producir mareo, como no sea en casos de perturbación atmosférica excepcionalmente violenta y para personas muy predispuestas a esta enfermedad.

En los globos libres el mareo es totalmente desconocido, porque debido a su forma esférica y a su sustentación estática, las rachas de viento no producen aceleraciones apreciables ni lineales ni angulares.

Veamos ahora el resultado de los estudios que en las diferentes naciones se han llevado a cabo para evitar esta enfermedad.

En Italia, estos estudios han sido efectuados bajo la dirección del profesor D. di Nicola, director de la Oficina Médica del Ministerio del Aire. En estas investigaciones se consideran cuatro clases distintas del «mal del aire»: 1.^a El mareo aéreo, análogo al de los buques. 2.^a La «neurosis aérea», enfermedad que ataca a los profesionales sometidos a un trabajo continuado que exige intensa tensión nerviosa (pilotos durante su aprendizaje o en períodos de gran actividad de vuelo) y que requiere para su curación un descanso más o menos prolongado. 3.^a Perturbaciones fisiológicas producidas en los pilotos de vuelos acrobáticos en que su cuerpo queda sometido a violentas aceleraciones que afectan a la circulación de la sangre o al líquido medular. 4.^a El «mal de altura» producido por la falta de oxígeno y disminución de la presión atmosférica.

El Ministerio del Aire tiene en cuenta estas cuatro clases del «mal del aire» en sus investigaciones, pero aún no ha llegado a ninguna conclusión.

En Alemania existe la idea de que el problema del mareo aéreo no podrá resolverse por completo por medios farmacológicos ni mecánicos y que para evitarlo en lo posible, la mejor solución es que los pilotos no conduzcan los aviones de pasajeros al ras de suelo donde las perturbaciones aéreas son de máxima intensidad, sino por encima de 3.000 metros en que el aire suele estar desprovisto de rachas (sobre todo en terrenos sin accidentes orográficos como en Alemania).

En el Congreso que en 1927 celebró la Unión de Médicos alemanes, se presentó un tratado escrito por el doctor H. Fischer en el que estudiaba la relación entre el mareo y el laberinto del oído, y aconseja se dirija la atención a la reducción de las causas mecánicas y psíquicas del mareo. Discutía también el empleo de varios productos medicinales contra el mareo, como son el «Vasano» (tabletas inventadas por un profesor de la Universidad alemana de Praga), el «Nautisan», de efecto algo narcótico, y el «Návigán», no suficientemente probado.

El Lloyd Norte Alemán emplea un procedimiento que parece de mayor eficacia: la inhalación Dammert.

Esta inhalación se aplica al paciente por medio de una careta de gases durante cinco o diez minutos, y su efecto curativo y preventivo dura por unas siete horas.

En 1.000 casos en que este remedio ha sido aplicado en los buques de esta empresa, se ha obtenido éxito completo el 60 a 80 por 100 de las veces.

Las autoridades médicas inglesas atribuyen el mareo aéreo, principalmente a las cabinas cerradas, a la vibración, a la falta de ventilación, al miedo y a la aprensión, además del vuelo agitado en las capas inferiores de la atmósfera, circunstancias que pueden ser agravadas por excesos en las comidas, cerumen en los oídos, patología en la trompa de Eustaquio, etc. Algunas medicinas podrían aliviar este mal, pero el principal remedio estriba en el empleo de aviones de gran estabilidad con instalación de pasajeros bien ventilada, de modo que no sólo se renueve frecuentemente el aire de la cabina, sino que cada pasajero pueda graduar su ventilación abriendo su ventana.

El capitán Slack, director del Servicio Médico del Ministerio del Aire inglés, opina que los aviones de pasajeros deben permitirles una amplia vista del paisaje y del horizonte, volar a más de 700 metros de altura, tener, de modo que lo sepan los viajeros, receptáculos para el vómito fácilmente accesibles, pero no a la vista, y mantener distraída su atención con mapas detallados, donde se pueda seguir el terreno recorrido, indicaciones acerca de él hechas por guías, audiciones radio, etc., e insertando en los folletos descriptivos instrucciones como: «Se debe mirar a lo lejos, no a las alas ni a las demás partes del avión.» «El mareo aéreo es menos frecuente que el del mar; el aire no es tan agitado como el agua.» «El mareo aéreo está producido principalmente por el temor anticipado de que se va a sufrir.» «Si usted se siente mareado, emplee un receptáculo que encontrará debajo del asiento.» De este modo los pasajeros estarán sin preocupación por el mareo, y con su atención empleada en otras cosas, y no en observar si ellos mismos o sus vecinos palidecen y comienzan a marearse.

Otras sugerencias dadas por médicos ingleses aconsejan que en los aviones de pasajeros haya una circulación de aire caliente al nivel de los pies y otra de aire fresco al nivel de las cabezas y que se evite en lo posible el ruido de los motores, bien alejándolos de la cabina o proporcionando a los viajeros algodones para los oídos.

La opinión de las autoridades médicas de los Estados Unidos es parecida a las anteriores. El doctor Schneider, de la Universidad de Wesley, distingue el «mareo aéreo» del «mal de altura», y respecto al primero reconoce como causa principal la hipersensibilidad al movimiento. Los pilotos están menos expuestos al mareo aéreo, no sólo por tener su atención ocupada, sino porque los que tienen hipersensibilidad son eliminados en la prueba de rotación Barney.

Sin embargo, cita el caso de pilotos que han sufrido mareo volando a alturas de 4.000 a 5.000 metros.

Se ha notado que la proporción de mareos en las líneas aéreas de los Estados Unidos va disminuyendo, lo que se explica porque los aviones van siendo más cómodos, ventilados y libres de los gases del escape, y además porque los viajeros se habitúan a este medio de locomoción y ya no entran en un aeroplano con la tensión de ánimo del que va a ser lanzado en un cohete a la luna, como ocurría antes, según la frase del director del Servicio Médico de la Aeronáutica Naval.

En España, el doctor Pérez Núñez, jefe del Servicio Médico de Aviación Militar, opina que son muy diferentes en sus causas y en sus efectos el «mal de los aviadores» y el «mareo aéreo». El primero puede aparecer sin que el aviador haya experimentado una sola vez el mareo aéreo, constituyendo una enfermedad profesional originada por la repetición frecuente de los vuelos ordinariamente de mucha dura-

ción y en circunstancias, a menudo, de peligro o responsabilidad. Aparecen en estos casos síntomas muy manifiestos de fatiga nerviosa que exigen para su curación la suspensión de los vuelos.

El «mareo aéreo»—en cambio—para producirse, no necesita la acumulación de los efectos que el vuelo repetido origina y se presenta en cualquier vuelo en el que medien circunstancias propicias para ello. Estas son, en primer término, la agitación desmedida de las capas atmosféricas con aceleraciones, sobre todo en sentido vertical (en particular las descendentes), con gran semejanza en sus síntomas al mareo de mar, presentándose sucesivamente palidez de rostro, náuseas y vómitos. Constituye la forma más conocida y frecuente del mareo.

En segundo lugar, actúan los desplazamientos bruscos de la aeronave (aeroplano principalmente) que se acompañan de movimientos giratorios rápidos, especialmente según un eje vertical (barrena), más que horizontal (rizo, tonel), pues aquéllos son más rápidos y seguidos y éstos más lentos. En este tipo de mareo se produce en pocos segundos un estado de vértigo y de desequilibrio que dificulta el restablecimiento de la posición normal del aparato por parte del piloto y es causa muy frecuente de accidentes graves. Se produce durante los vuelos acrobáticos y se da pocas veces en el vuelo normal.

En tercer lugar se halla el «mareo de las alturas» ligado estrechamente a la disminución de la proporción del O del aire, y para alturas muy considerables (más de 5.000 metros) a la baja presión atmosférica. Se parece esta forma de mareo a la primeramente expuesta, pero sus causas y remedios son muy diferentes.

El mecanismo del mareo es mal conocido, actuando causas múltiples en la primera forma señalada, destacándose en primera línea las perturbaciones del laberinto (oído interno) por los movimientos desordenados de la aeronave; después los desplazamientos de las imágenes en el campo visual (órganos del avión, línea del horizonte y del suelo) análogamente al que se marea en el tren, y en un lugar más secundario—y anticipemos que más evitable—el olor, el ruido, la vibración, la ventilación y la emotividad o miedo del individuo.

Resulta de lo expuesto, que el «mareo aéreo» considerado en primer lugar, es de orden mecánico en cuanto al mecanismo de producción, excitando el laberinto, y éste por acción, refleja, produce con intensidad variable, según su excitabilidad, los los síntomas culminantes del mareo: la palidez, náuseas y vómitos.

Estas excitaciones del laberinto cuando son lentas y duraderas, producen esos síntomas que se acaban de exponer. En cambio, las excitaciones bruscas, aun de corta duración, determinan en pocos momentos el vértigo con desequilibrio durante la permanencia en pie y durante la marcha y sólo tardíamente el vómito. Estas últimas circunstancias se dan en el vuelo acrobático. En resumen, el vuelo acrobático origina preferentemente el vértigo; el vuelo agitado, el mareo.

Para evitar el mareo hay que actuar sobre sus causas presuntas: sería preciso evitar el vuelo agitado, pero no siendo esto posible siempre, hay que recurrir a la administración de fármacos que disminuyan transitoriamente la hiperexcitabilidad del laberinto y amortigüen los reflejos nerviosos que ahí tienen su origen. Conducen a este fin están todos los medicamentos sedantes e hipnóticos que con distintos nombres se recomiendan como especiales para el mareo, y aquéllos que reprimen la acción del nervio neumogástrico cuya excitación determina los vómitos.

Las causas secundarias del mareo son de orden psicológico unas y otras de orden diferente. Es conveniente que el viajero aéreo vaya distraído y preocupado, disponga de suficiente visualidad para contemplar el paisaje, que vaya asegurada la

renovación del aire y con aire fresco, amortiguar el ruido de los motores y llevar fajado el vientre las personas de paredes abdominales flácidas.

No debe incluirse entre el «mareo aéreo» el ligero desvanecimiento momentáneo que pueda sentirse en aviones a gran velocidad durante los virajes, en los que la fuerza centrífuga rechazando la sangre hacia la periferia (en este caso las extremidades inferiores) origina una isquemia (pequeña anemia) cerebral, fugaz, responsable de ese desvanecimiento que no impide después la continuación normal del vuelo.

También los doctores D'Harcourt y Elices, médicos de nuestras Aeronáuticas Militar y Civil, respectivamente, han realizado investigaciones en el Aeródromo de Cuatro Vientos, en colaboración con los doctores Pérez Núñez, Puig y Bilbao, acerca del «mal de los aviadores», en el que aprecian dos fases distintas: una precursora, que se caracteriza por vértigos, cefalea, zumbidos de oídos y somnolencia, y otra segunda fase o «astenia de los aviadores», en que se aprecia deficiencia en las glándulas suprarrenales. Sus deducciones han sido expuestas en un trabajo presentado al IV Congreso Internacional de Navegación Aérea, celebrado en Roma en octubre de 1927, y en otro titulado «Contribución al estudio de la etiología y patogenia del «mal de los aviadores» publicado en el número 352 de *Archivos de Medicina, Cirugía y Especialidades*.

Por último y aunque se presenta en rarísimos casos, es necesario contar también entre las diferentes modalidades del «mal del aire» al vértigo de altura que algunas personas extraordinarias, sensibles a esta impresión, puede producirse al mirar hacia abajo en una barquilla muy descubierta como en los globos libres y cautivos.

Los trastornos fisiológicos comprendidos con el nombre de «mal del aire», quedarían así clasificados, del modo siguiente:

- | | | | |
|-------------------|---|-------------------------|---------------------------|
| Mal del aire..... | { | 1.º Mareo aéreo. | |
| | | 2.º Neurosis aérea... | Fase precursora. |
| | | 3.º Isquemia cerebral | Astenia de los aviadores. |
| | | acrobática. | |
| | | 4.º Mal del altura. | |
| | | 5.º Vértigo de barrera. | |
| | | 6.º Vértigo de altura. | |

En resumen, y concretándonos al «mareo aéreo» en su forma análoga al que se experimenta en los buques, parece que el medicamento más eficaz de los ensayados hasta el día es la inhalación empleada por el Lloyd Norte Alemán, y que para disminuir las probabilidades de su aparición, conviene que los pasajeros, a bordo de los aviones, tengan instalaciones espaciosas, bien ventiladas, con amplias vistas y permanezcan con su atención entretenida durante el viaje, alejados de la preocupación de que pueda presentarse esta molesta enfermedad.

††

REVISTA MILITAR

Las maniobras tácticas de la 1.ª Región.

Bajo la dirección del general Saro, Conde de la Playa de Ixdain, gobernador militar de Madrid, se han realizado en la primera quincena de octubre unas interesantes maniobras, en las que se ha procurado compensar su brevedad con la intensidad de trabajo.

Un primer período de instrucción práctica preparatoria tuvo lugar hasta el día 5 en el Campamento de Carabanchel y en las inmediaciones de Villaviciosa de Odón y Navalcarnero, donde se realizó una marcha de aproximación.

Seguidamente marcharon a la zona en que se desarrolló la maniobra, propiamente dicha, comprendida entre Toledo y la Sierra de Yébenes.

Con tropas de las guarniciones de Madrid y Badajoz se constituyeron accidentalmente dos Regimientos de Infantería números 80 y 84, formando una brigada, que era el núcleo de un destacamento de vanguardia; en él entraban además:

Elementos de una compañía de carros de combate, ligeros.

Un escuadrón con sección de ametralladoras.

Un grupo de Artillería de 7,5 y una batería de 10,5 centímetros.

Una compañía de zapadores con una sección de puentes de vanguardia y un grupo de explosivos.

Un grupo de transmisiones formado por una compañía de telégrafos, un destacamento radiotelegráfico y un destacamento colomófilo.

Una compañía automóvil de Intendencia.

Elementos de un grupo de Sanidad.

Sección móvil de evacuación veterinaria.

Una escuadrilla de observación.

Una unidad de Aerostación con un globo cautivo.

Este destacamento de vanguardia se suponía preceder a un ejército rojo, que se concentraba en las inmediaciones de Madrid, para apoyar a otras fuerzas rojas que habían sido batidas en Despeñaperros por un ejército azul que avanzaba hacia el Norte.

Los objetivos sucesivos que se señalaron a este destacamento fueron el Tajo, las Sierras de Nambroca y Oliva y la Sierra de Yébenes, en donde tomó contacto con el enemigo y se desarrolló el ejercicio táctico final. Este destacamento tenía por cometido el ocupar posiciones sucesivas para apoyo del cuerpo de ejército de que se suponía formar parte, y de este tema general se dedujeron situaciones interesantes que se prestaban a iniciativas del mando y a que las tropas practicaran sus diferentes cometidos y el servicio de campaña con arreglo a los nuevos Reglamentos vigentes. El ataque final a una posición de una gran fuerza natural, que se suponía ocupada por un destacamento de cobertura del ejército azul, formado por elementos motorizados, disponiendo de 24 piezas de artillería y 155 armas automáticas, planteaba al mando rojo un difícil problema, para resolver el cual, tuvieron aplicación los carros de combate.

Refiriéndonos más especialmente a las tropas del Cuerpo, indicaremos los cometidos llevados a cabo por los zapadores y los telegrafistas.

La composición de la compañía de zapadores, perteneciente al 2.º Regimiento,

era de tres secciones: una rodada, con su material reglamentario; otra, que contaba además con material de alumbrado, y una sección a caballo, con material de puentes de vanguardia.

En el período preparatorio, la sección rodada tomó parte en el ejercicio sobre Villaviciosa de Odón; la de alumbrado preparó el material que le facilitó el Parque Regional constituido por un grupo generador para 600 lámparas, que se condujo en un camión y adiestró al personal en su manejo, y la sección de puentes con el material de dos secciones (70 metros), practicó primero en el Polígono de Retamares sobre un barranco en seco, para comprobar la estabilidad de un puente de mayor longitud que aquélla para que está proyectado, pasando varias veces sobre él una batería del Regimiento a caballo, y se trasladó después al Jarama en la confluencia con el Manzanares, para instruir al personal en el tendido sobre un curso de agua. Se aprovechó la circunstancia de estar en reparación el puente permanente de la carretera de Arganda, para autorizar, como ensayo, el paso de vehículos particulares, que lo realizaron con completa seguridad.

Ya en el curso de la verdadera maniobra, se concentró la compañía en Magán, recibiendo el día 7 la orden de trasladarse a los Alijares, emprendiendo la marcha a las cuatro de la tarde y recorriendo los 28 kilómetros en cuatro horas y media, sin experimentar la tropa fatiga apreciable y siendo muy elogiada esta marcha por su rapidez y buen orden,

La sección de alumbrado entretanto se encargaba de iluminar las estaciones de Torrejón de Velasco y Cabañas, facilitando las operaciones de embarque y contribuyendo a la precisión con que se realizaron los horarios proyectados, circulando 19 trenes sin el menor entorpecimiento.

El día 8 recibió el capitán la orden de tender el puente sobre el Tajo, trasladándose al siguiente día al punto de paso elegido con anterioridad. Los reconocimientos previos se habían llevado hasta 5 kilómetros aguas arriba de Toledo, donde las márgenes del río se presentan muy escarpadas y con altura de 5 metros en la orilla derecha. Como los terrenos de cultivo llegan hasta la orilla, se tuvo que escoger para no causar daños, un punto en el que había un estrecho barranco en la orilla derecha, coincidiendo con un terreno bajo sin cultivo en la de enfrente. La profundidad máxima era de 1,60 y la anchura total de 88 metros.

Se emplearon los 70 metros del material reglamentario y se completó con un trozo de circunstancias, formado por caballetes de tablonos y cuatro postes tel-gráficos de 12 metros de longitud como vignetitas, sobre los cuales iba un tablero formado por medios tablonos. La sección rodada construyó en la orilla derecha un camino en rampa para unir a la carretera, que exigió un movimiento de tierras de bastante consideración.

Terminado el tendido, la sección de alumbrado procedió a iluminar los accesos, pues el paso debía realizarse por las tropas, de noche. Se comenzó a las veinte horas y treinta minutos, empezando por la artillería ligera y siguiendo el ganado de la columna, ametralladoras, caballería y bagajes.

Ocurrieron dos accidentes por la poca práctica de los conductores y la hora, cayendo en uno de ellos el tronco al agua, quedando el carruaje enganchado por el cubo de las ruedas en un caballete, sin que sufriera lo más mínimo la estabilidad del puente; los equipos de maniobra restablecieron rápidamente la circulación.

El tendido y el paso fueron presenciados por el capitán general de la Región, director general de las maniobras y otros generales y jefes, que apreciaron debidamente la labor realizada.

Una vez replegado el puente, los zapadores siguieron el curso de las maniobras hasta Mora con las demás tropas, y parte de ellos desfilaron ante las autoridades en Los Yébenes el día 12, una vez terminado el ejercicio final. Recibieron órdenes de preparar en las estaciones la vía férrea correspondiente a las rampas para embarque del ganado y material, para lo cual utilizaron el material de puentes, formando cada una con tres tramos: dos en rampa suave y otro horizontal, con lo cual se facilitó extraordinariamente las operaciones.

Las tropas de comunicaciones estaban formadas por una compañía de telégrafos divisionaria.

Después de un período de Escuela Práctica regimental, en que se volvió a entrenar a la tropa, que llevaba, en su mayor parte, más de dos meses de permiso y de acostumbrarla a marchas y tendidos nocturnos, se cooperó durante el período preparatorio, iniciándolo con una marcha de 30 kilómetros y estableciendo la red de la columna, enlazando el Cuartel General del Destacamento con los puntos de partida, desde donde se iniciaría el movimiento el primer día.

Se tendió el eje de transmisiones siguiendo la ruta de una de las columnas y tendiendo durante los altos un ramal que lo unía a la otra. De este modo, los jefes de columna, al final de cada alto, tenían instalados los teléfonos a más de la comunicación óptica, que se mantenía con la vanguardia, con las estaciones ligeras, y entre los mandos, con las pesadas.

El día segundo la marcha continua impidió mantener constantemente la comunicación telefónica, por la cual mostraban los jefes de unidad marcada preferencia, pero se conservó siempre por medios ópticos.

En el conjunto del período se tendieron unos 60 kilómetros, habiendo pocas averías. Resultó fatigoso para la tropa, que tomaba el primer rancho muy tarde, y la mayor parte de los días no estuvo alojada, sino que durmió en tiendas.

En el período de maniobra, propiamente dicha, se efectuó la concentración en Ollas del Rey, marchando en tren a Villaseca y desde allí 20 kilómetros por carretera, recibiendo entonces la orden de tender a Villaseca, Magán, Cabañas, Mocejón y Bargas, se hubiera economizado tiempo y el doble recorrido de Villaseca a Ollas, haciendo el desembarque en Cabañas o Villaseca. Los tres días siguientes se tendió doble línea a Cabañas y se perfeccionó la red, asegurando por tres circuitos la comunicación entre todos los puntos. Aun así, se produjeron numerosas averías, al parecer intencionadas, conservándose siempre el enlace por óptica. Se tendió el eje de transmisiones y accidentalmente se unieron los mandos de las columnas con el Cuartel General de la División.

Gran parte de la capacidad de servicio de la compañía fué absorbida por la línea que desde Cabañas y Toledo unía el Cuerpo de Ejército con el destacamento, función que un caso real se hubiera asignado a la unidad de cuerpo de ejército y que exigió enviar del parque cable suplementario, por ser insuficientes los 54 kilómetros de la dotación reglamentaria. En total, se tendieron en este período 250 kilómetros de línea, y el último día el tendido desde Mora a Manzaneque no pudo llegar hasta el puesto de mando del jefe de la columna que operaba sobre los Yébenes, por haberse llegado muy justo con el material de línea disponible.

El repliegue se hizo con personal que iba en dos camiones, a más de un coche ligero y una moto, terminándose por completo en cuarenta y ocho horas y conservándose los enlaces durante todas las operaciones de repliegue por medio de la óptica.

El servicio colomófilo ha intervenido por primera vez con los palomares móvi-

les en una maniobra de movimiento. Los modernos elementos de guerra, con el estruendo, teniendo que sortear unidades aéreas y pasar sobre cortinas de humos, a distancias de suelta de 25 kilómetros a través de dos sierras para llegar a un carro móvil que sólo llevaba dos días estacionado, hizo que las condiciones de aplicación fueran de gran dificultad y hacían temer un fracaso, pero no sólo efectuaron los recorridos bien y aprisa, sino que las pérdidas fueron insignificantes y casi siempre motivadas por asustarse de los aviones o por las aves de rapiña.

Los carros 3 y 4 hicieron desplazamientos escalonados en Parla, Illescas, Cabañas, Olías, Bargas, Nambroca, Manzaneque y Mora. La estancia máxima en cada punto fué de dos días y se demostró plenamente la eficacia del sistema aun en guerra de movimiento y con terreno de aspecto y condiciones variables.

El globo tuvo ocasión de cooperar en una maniobra de movimiento, siguiendo a las tropas en sus sucesivos saltos y proporcionando constantemente datos al Mando, encontrándose en algún caso dificultades para mantener el enlace sin interrupción. Como incidente digno de registrarse, figura el de haberse escapado durante una maniobra de paso de obstáculos en el kilómetro 9 de la carretera de Ciudad Real, siendo seguido y recogido a 4 kilómetros de Burguillos (5 del punto de partida), equilibrándose, antes de tocar al suelo, por la acertada maniobra del observador teniente Román, sin que sufriera el material el menor deterioro.

En resumen, resultaron unas maniobras muy movidas e interesantes, teniendo ocasión las tropas del Cuerpo de demostrar el importante papel que les corresponde en la guerra moderna y su eficacia, aun contando con el escaso tiempo de instrucción que puede darse hoy al soldado. □

CRÓNICA CIENTÍFICA

Investigaciones acerca de los «atmosféricos».

En estos últimos años la estación de investigaciones radiológicas de Slough ha efectuado asiduos estudios acerca del origen y naturaleza de las ondas atmosféricas, conocidas simplemente por «atmosféricos», que tanto perturban la audición en las estaciones y puestos de radio. La Real Sociedad Meteorológica, británica, ha conseguido de la Compañía Británica de Radiodifusión que establezca transmisiones especiales, después de los programas ordinarios, que serán recogidas por receptores fultográficos instalados en varios puntos de Europa. Estas transmisiones no radiarán dibujos, sino series de líneas rectas, horizontales y verticales que formarán una rejilla o reticulado. Siempre que se produzca un atmosférico, causará una desviación de las líneas rectas en una extensión que depende de la intensidad y duración de la interferencia. Se espera que por este medio será posible formar registros que suministrarán datos valiosos con respecto al origen, duración e intensidad de cada atmosférico. Los cilindros de todos los aparatos receptores estarán sincronizados, lo que hará posible, comparando los resultados obtenidos en distintos puntos, determinar el radio de acción de cada atmosférico y la intensidad de la interferencia en diferentes localidades. △

Medio de fijar vistas «fultográficas».

Desde algún tiempo acá se vienen practicando pruebas para descubrir un medio de hacer permanentes las vistas recibidas por «Fultógrafo» sobre papel tratado con almidón y yoduro de potasio. Estas vistas pueden conservarse durante algunos meses si se tiene la precaución de secarlas rápidamente en cuanto se retiran del cilindro de recepción y no se exponen posteriormente a la acción de la luz demasiado intensa; pero hasta ahora no se había encontrado manera de fijarlas permanentemente. El descubrimiento del procedimiento adecuado es debido a un aficionado, al doctor Alfredo Iñes, de Taunton, quien después de una larga serie de pruebas, encontró que la clave del problema era el alumbre. Al terminar la recepción se retira del cilindro la vista obtenida y se la coloca, con la cara hacia abajo, sobre una cubeta que contenga una disolución de alumbre en agua de la fuente. Una cucharada de las de té es suficiente para medio litro de agua. Por este procedimiento las vistas son tan permanentes como las fotográficas después de fijadas.

△

Algunas aplicaciones del cadmio.

Recientemente se ha recomendado el cadmio para los acumuladores eléctricos en sustitución del plomo, hierro o níquel. Una batería con placas de cadmio puede descargarse completamente y permanecer descargada por tiempo indefinido sin daño para la batería, mientras que las de plomo no pueden permanecer descargadas sin sufrir grave deterioro o inutilización. Como el coste de las baterías de cadmio es aproximadamente doble que el de las de plomo, se comprende que las primeras no hayan alcanzado hasta ahora gran difusión, aunque ya varios fabricantes de lámparas de seguridad emplean baterías de esa clase con electrolito alcalino, un electrodo de níquel, y, en vez del electrodo de hierro usual en las baterías Edison, una mezcla de hierro y cadmio en una caja de metal de paredes finas y perforadas.

La luz roja monocromática empleada para investigaciones en los laboratorios de Física se produce por medio del cadmio. En la lámpara de vapor de cuarzo-cadmio, elaborada por el *Bureau of Standards*, el cadmio está en aleación con una pequeñísima cantidad de galio, resultando así una lámpara de larga vida que no se enturbia por la adherencia del vapor de cadmio a las paredes.

△

Las aleaciones de berilio y su endurecimiento.

La propiedad más saliente de las aleaciones de berilio es su perfeccionamiento por obra del tratamiento térmico. Una aleación cobre-berilio con 2,39 por 100 de este metal sometida al temple ordinario en agua, posee una dureza Brinell de 100 kilogramos por milímetro cuadrado, pero después de tratamiento térmico durante diez y siete horas a 300° C, la dureza se eleva a 440 kilogramos por milímetro cuadrado, es decir, más de 400 por 100. Algunas aleaciones de cobre con más del 6 por 100 de berilio tienen un número de dureza Brinell que excede de 730, pero estas aleaciones no pueden trabajarse, para darle las formas requeridas, antes ni después del tratamiento térmico. Las aleaciones de cobre y berilio que antes del tratamiento térmico pueden ser laminadas, estiradas o labradas para darles las formas deseadas, son las utilizadas en la práctica, y por el tratamiento adquieren propiedades semejantes a las del bronce endurecido y tenaz. También es posible elaborar piezas de poco espesor y elásticas como resortes.

△